Marine Biological Laboratory Library
Woods Hole, Massachusetts

Gift of the F. R. Lillie estate - 1977

Frank R. Miller
Feb. 1908

MBL/WHOI
0 0301 001190b 1

Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung

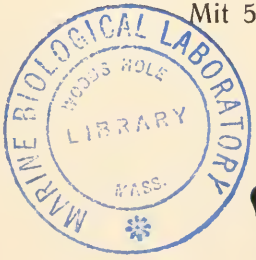
vom Standpunkte der Physiologie.

Von

Dr. Paul Jensen

Professor an der Universität Breslau.

Mit 5 Figuren im Text.



Verlag von Gustav Fischer in Jena.
1907.

Alle Rechte vorbehalten.

Meiner lieben Frau

gewidmet.

Vorwort.

Die vorliegende Schrift ist aus Teilen einer im Entstehen begriffenen „Einleitung in die allgemeine Physiologie“ hervorgegangen. Als ich hierbei nämlich die Probleme der Entwicklung, Vererbung und Zweckmäßigkeit der Organismen bearbeitete, schien mir ihre Darstellung nicht mehr in den Rahmen jenes Werkes zu passen, wenn die zur Klarlegung dieser Probleme und zur Begründung der hier vertretenen Anschauungen erforderlichen Auseinandersetzungen im Zusammenhang aufgenommen wurden. Da ich aber gerade auf eine systematische Bearbeitung der genannten Probleme besonderen Wert legte, so entschloß ich mich, diese zunächst in einer Schrift für sich zu behandeln.

Mit einer solchen eingehenden Behandlung dieser Probleme verfolge ich mehrere Zwecke:

Vor allem soll sie helfen nachzuweisen, daß die einheitliche, monistische Naturauffassung durch die neueren Angriffe auf die Darwinsche Lehre keineswegs erschüttert wird. Im Gegensatz zu einer weitverbreiteten Ansicht möchte ich vielmehr dartun, daß eine solche Gefahr selbst dann nicht vorläge, wenn die neueren Einwände gegen die Selektionstheorie in vollem Umfange berechtigt wären. Ich glaube nämlich zeigen zu können, daß für alle Probleme der Entwicklung, im besonderen auch für das von der Entstehung der organischen Zweckmäßigkeit, soweit sie einer Lösung durch das Selektionsprinzip widerstreben, andere allgemein-naturwissenschaftliche Erklärungsprinzipien zur Verfügung stehen.

Im Dienste der genannten vornehmsten Absicht habe ich auch die „micellar-bioblastisch-idioblastischen“ Hypothesen, welche heut-

zutage von den meisten Biologen als allgemeine theoretische Grundlage für die Bearbeitung der Entwicklungs- und Vererbungsprobleme anerkannt werden, eingehender und entschiedener, als es bisher geschehen ist, einer kritischen Betrachtung unterworfen und ihnen die dem jetzigen Stande unseres Naturerkennens mehr angemessene „physikalisch-chemische" Auffassung der Organismen gegenübergestellt. Ein solches eindringliches Vorgehen schien mir aus verschiedenen Gründen wünschenswert. Denn nach meiner Meinung sind die micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen, im besonderen die Chromosomenhypothese, nicht nur keine fruchtbaren Arbeitshypothesen, was man ausdrücklich behauptet hat, sondern sogar ein Forschungshindernis. Die vielen neuen, zum Teil sehr interessanten Tatsachen, welche sich auf die Chromosomen beziehen, konnten nämlich ebenso gut, wie unter der Führung der idioblastischen Chromosomenhypothese, auch dann gefunden werden, wenn man den Chromosomen einfach nur als wichtigen Zellbestandteilen, aber ohne weitere Übertreibung, eine besondere Aufmerksamkeit schenkte. Ein Forschungshindernis aber erblicke ich zunächst darin, daß von hervorragenden Biologen und ihren Schülern außerordentlich viel Gedankenarbeit auf den Ausbau und die Anwendung dieser auf unhaltbarer Basis errichteten Hypothesen verwendet worden ist, eine Arbeit, die daher zu einem großen Teil an ein wertloses Objekt verschwendet wurde. Diese Spekulationen haben dann außerdem noch direkte schädliche Folgen gezeitigt, insofern sie zu den schwierigsten Scheinproblemen führten, diese zusammen mit mehr untergeordneten Problemen in den Mittelpunkt des Interesses rückten und damit den Blick von manchen wichtigeren Problemen ablenkten. Es ist wohl auch nicht daran zu zweifeln, daß infolge der einseitigen Betrachtungsweise der micellar-bioblastisch-idioblastischen Chromosomenhypothese das bisher bearbeitete umfangreiche Untersuchungsmaterial nicht so ausgewertet worden ist, wie es durch physikalisch-chemisch geschulte Morphologen hätte geschehen können. Alle diese Bedenken scheinen mir um so gewichtiger, als durch eine längere Dauer der derzeitigen Hauptströmungen fast die ganze Denkrichtung in diesem Teil der Biologie mehr und mehr in einseitig verlaufende Geleise gebannt wird, von wo aus der notwendige Übergang

auf physikalisch-chemische Bahnen mit der Zeit immer schwieriger wird; während das große, inhaltsreiche Gebiet der Entwicklungslehre einer gründlichen Durcharbeitung nach unverfälschten exakt-naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten vergeblich harrt. Und auch dem Vitalismus und Neovitalismus wird durch diese Art des Vorgehens im Bereich der gedachten Probleme freie Bahn gelassen, ja sogar ihnen durch die angefochtenen Anschauungen zum Teil geradezu in die Hände gearbeitet.

Dem Vitalismus bzw. Neovitalismus unfreiwillig Vorschub zu leisten, sollte man aber um so mehr vermeiden, als ihrem Vordringen in neuerer Zeit überhaupt zu wenig ernsthafter Widerstand geleistet worden ist. Ein starker Widerstand gegen diese, mit den exakten Naturwissenschaften unvereinbaren, dualistischen Lehren ist aber in Anbetracht ihrer zunehmenden populären Beliebtheit in hohem Maße wünschenswert. Wir dürfen uns deshalb nicht damit begnügen, die vitalistischen Anschauungen ohne näheres Eingehen nur aus Prinzip abzulehnen; vielmehr ist gerade dieses tiefere Eingehen notwendig, und wir müssen hierbei zeigen, daß diejenigen Tatsachen, welche dem Monismus am meisten Schwierigkeiten bereiten und daher dem Vitalismus als Grundlage und Ausgangspunkt dienen, gleichwohl bei näherer Betrachtung und richtiger Formulierung einer monistischen Naturauffassung, also einer Erklärung nach den allgemeinen Prinzipien der exakten Naturwissenschaften, nicht widerstreben. Ein Versuch in dieser Richtung ist ebenfalls in der vorliegenden Schrift gemacht worden, zu deren Hauptzweck er offenbar ein wichtiges Mittel ist.

Da sich diese Schrift vorwiegend mit ganz allgemeinen biologischen Problemen beschäftigt, so möchte ich die nicht selten geäußerte Frage berühren, ob es für eine Bearbeitung derartiger Probleme nicht vielleicht noch zu früh sei. Zwar könnte diese Frage überflüssig erscheinen im Hinblick auf die Tatsache, daß eine große Zahl der hervorragendsten Forscher diesen Problemen einen erheblichen Teil ihrer Lebensarbeit gewidmet haben. Aber es gibt doch auch Autoren, welche die Beschäftigung mit solchen allgemeinen Problemen, deren vollständige Lösung noch in weiter Ferne liegt, für eine undankbare und nicht ganz vollwertige halten. Solchen Anschauungen wünsche

ich, da sie immerhin von der Bearbeitung dieser wichtigen Probleme abschrecken könnten, ausdrücklich entgegenzutreten. Denn die allgemeinen Probleme gehören doch zum Wesentlichen jeder Wissenschaft, und die allgemeinen Erkenntnisse sind die Krone unseres Wissens und dienen in erster Linie dazu, den geistigen Bedürfnissen der menschlichen Gesellschaft, der Ernährerin der Wissenschaft, gebührend Rechnung zu tragen. Diese allgemeinen Probleme aber können nur dann ohne Zeitverlust ihrer Lösung entgegengeführt werden, wenn ihre Bearbeitung eine intensive und stetige ist.

Diese Bearbeitung muß in zweierlei Weise geschehen: Erstens durch die richtige Verwertung des gesamten zurzeit vorliegenden Tatsachenmaterials. Bis jetzt ist dieses noch lange nicht genügend ausgenützt und wir sind von einer diesbezüglichen Durcharbeitung unseres Wissensgebietes noch ziemlich weit entfernt, wie auch die vorliegende Untersuchung lehren soll. Es könnten nach meiner Überzeugung unsere allgemeinen biologischen Erkenntnisse noch sehr erheblich gefördert werden, ohne die Auffindung einer einzigen neuen Tatsache, allein durch eine konsequente, systematische Anwendung der Prinzipien der exakten Naturwissenschaften auf das gesamte bisher gesammelte biologische Erfahrungsmaterial. Zu dieser noch reichlich fließenden Quelle allgemein-biologischer Erkenntnis gesellt sich dann zweitens diejenige, welche die neuen Tatsachen liefert, und zwar vor allem die fruchtbaren neuen Tatsachen. Solche werden aber in der Regel nur aufgefunden, wenn der Forscher entsprechende Fragen an die Natur stellt, und solche fruchtbare, die Lösung allgemeiner Probleme fördernde Fragestellungen gewinnt man nur einzig und allein auf Grundlage einer gehörigen Durcharbeitung dieser allgemeinen Probleme. So ist also nur durch ein inniges Zusammenwirken von allgemeiner theoretischer Arbeit und von Spezialforschung eine lebhaft fortschreitende Entwicklung der Biologie zu erwarten: Die Theorie liefert die allgemeinen Ergebnisse der Forschung und stellt neue fruchtbare Fragen, die Spezialforschung bearbeitet diese auf Grund der theoretischen Vorarbeit, fördert so neue wertvolle Tatsachen und bietet sie wiederum den allgemeinen Theorieen zu deren weiterer Ausgestaltung dar. In der Biologie fehlt den theoretischen

Bestrebungen teilweise leider entweder die exakte Grundlage oder die wünschenswerte Teilnahme, so daß hier zwischen der allgemeintheoretischen und der speziellen, experimentellen Forschung noch kein so ideales Verhältnis besteht wie in der Physik und Chemie. Immerhin beginnen z. B. auch im Bereiche der Physiologie manche allgemeinere Probleme, die vor nicht langer Zeit noch ziemlich brach lagen, derartige Formulierungen zu gewinnen, daß sie auch für die experimentelle Untersuchung angreifbar werden.

Für den Zweck dieser Schrift war eine erschöpfende Darstellung des in Betracht gezogenen äußerst umfangreichen Stoffes nicht erforderlich. Eine solche würde auch eine unverhältnismäßige Mehrarbeit verlangt haben. Aus denselben Gründen ist auch die ausdrückliche Berücksichtigung der Literatur nur eine begrenzte. Falls mir aber neben der absichtlichen Einschränkung wider Willen auch solche Arbeiten entgangen sein sollten, die nach der Anlage dieses Buches hätten berücksichtigt werden müssen, so bitte ich dies durch die große Ausdehnung der Literatur und ihre Verteilung auf sehr verschiedene Gebiete zu entschuldigen. Manche einschlägigen Schriften, besonders solche kritischen Inhalts, habe ich erst nach Abfassung der entsprechenden Teile meiner Schrift kennen gelernt und konnte sie daher nur noch kurz anführen.

Einige Teile dieser Untersuchung empfehle ich der besonderen Nachsicht meiner Fachgenossen. Es sind das solche, welche die ersten, wie ich glaube, und daher wohl noch etwas unsicheren Schritte zeigen, die in einige bis jetzt noch kaum systematisch bearbeitete Gebiete hineinführen. Das gilt vor allem für die Darlegungen über die Variabilität, über die Hauptpunkte der Vererbungslehre, die Zusammenstellung der deszendenztheoretischen Probleme und die Analyse der Selektionsprozesse.

Eine Berührung des großen psychophysischen Problems vom Verhältnis des Psychischen zum Physischen, das in einer Untersuchung über die allgemeinen Eigenschaften des Lebendigen nicht vernachlässigt werden kann, war auch hier nicht zu umgehen. Doch habe ich mich, zumal im Hinblick auf eine spätere umfassendere Behandlung dieses Gegenstandes, hier auf das Notwendigste beschränkt

und hoffe, daß auch demjenigen, der in diesen Fragen weniger bewandert ist, das an den betreffenden Orten Gesagte zum Verständnis des Zusammenhanges genügen wird.

Meine physiologischen Fachgenossen möchte ich dazu anregen, den wichtigen Problemen der Entwicklung ein lebhafteres Interesse als bisher entgegenzubringen, und zwar sowohl an der Durchführung exakter Voraussetzungen, als auch an der Ausgestaltung der großen Theorieen des Gebietes in höherem Maße kritisch und schöpferisch mitzuwirken. Gewiß wird dann auch die jetzt zunächst zu erhoffende Klärung im Bereich der Vererbungslehren und der Darwinschen Selektionstheorie schneller fortschreiten. Denn gerade die Physiologie bietet naturgemäß für die weit in ihr Gebiet hineinreichenden Tatsachen und Probleme der Entwicklung wertvolle aufhellende Gesichtspunkte dar, die bis jetzt nicht genügend ausgewertet worden sind.

Breslau, im November 1906.

Paul Jensen.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Zur Kritik der Darwinschen Selektionstheorie 3
Das Problem der „primären Zweckmäßigkeit“ 5
Die Entstehung der nicht-zweckmäßigen Eigenschaften der Organismen . . . 8
Das Problem des Fortschritts vom Einfacheren zum Komplizierteren . . . 16

Zur Kritik der übrigen deszendenztheoretischen Erklärungsversuche 19
Autogenetische Theorieen 19
Allogenetische Theorieen (Lamarckismus, Neo-Lamarckismus, Orthogenesis) . . 20
Rückblick und Plan für die folgende Untersuchung 28

Die Variabilität der Organismen 30

Variabilität und Vererbung 30
Zur Charakterisierung der Variabilität 31
Vorkommen der verschiedenen Arten der Variabilität 38
Bedeutung der Variabilität für die Phylogenie. Rolle der Selektion im allgemeinen 45
Die Ursachen der fortschreitenden Variabilität 49

Zur Physiologie der Vererbung 53

Zur Kritik der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen 53
Grundzüge der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen 53
Charakteristik der Chromosomenhypothese 59
Kritik der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen 67
Kritik der micellar-bioblastischen Hypothese 68
Kritik der Idioblastenhypothese 74
Kritik der Chromosomenhypothese 77
Epikritische Betrachtung 89

Übersicht über die Hauptpunkte der Vererbungslehre 90
Die Entstehung der Keimsubstanz 91
Die Beschaffenheit der Keimsubstanz (ontogenetische und phylogenetische Entwicklungsfähigkeit) 96
Die Veränderungen der Keimsubstanz (Ontogenie und Phylogenie) 101
Das „biogenetische Grundgesetz“ 103

Seite

Die Zweckmäßigkeit der Organismen 106

Allgemeine Orientierung über die „Teleologie" im weitesten Sinne 107
Zweck und Zweckmäßigkeit 108
Über den Zweck im allgemeinen 109
Wahre Teleologie und wirkliche Finalität (Zweckhandlung, Triebhandlung) 110
Teleologische Ausdrucksweise 113
Wundts Zweckprinzip 113
Charakteristik der teleologischen Ausdrucksweise 114
Machs Auffassung der Teleologie 117
Zusammenfassung 119
Falsche oder Pseudoteleologie 119
Zur Verständigung 120
Über die Zweckmäßigkeit 120
Psychologische und physikalische (objektive) Charakterisierung des Zweckmäßigkeitsbegriffes 120
Anwendung auf den Organismus. Das Wesentliche der organischen Zweckmäßigkeit 124

Allgemeines über die Erklärung der organischen Zweckmäßigkeit. Kritik der dualistischen Erklärungen 127
Die Finalhypothese von J. Reinke 130
Zur allgemeinen Charakteristik der Hypothese 130
Die „nicht-energetischen Kräfte" und ihre Beleuchtung 131
Die „Entelechie"-Hypothese von H. Driesch 136
Zur allgemeinen Charakteristik der Hypothese 136
Die fünf „Autonomiebeweise" des Lebens und ihre Beleuchtung 137
Die „empirische" Teleologie von P. N. Cossmann 150
Rückblick 156

Überblick über die deszendenztheoretischen Probleme 158

Zur monistischen Erklärung der Entwicklung der Organismen, im besonderen ihrer Zweckmäßigkeit 181

Die allgemeine Entwicklungstheorie von Fechner 182

Fechners Anschauungen über die Entwicklung der Organismen 185

Grundzüge einer Theorie der Entwicklung der Organismen, im besonderen ihrer Zweckmäßigkeit 188
Voraussetzungen der Theorie 189
Allgemeine theoretische und hypothetische Voraussetzungen 189
Die inneren Faktoren der Entwicklung der Organismen. (Zur physikalisch-chemischen Charakteristik der lebendigen Systeme) 192
Die psychischen Eigenschaften des lebendigen Systems 197
Die äußeren Faktoren der Entwicklung der Organismen 200
Allgemeine Theorie der Entwicklung des Lebens 203
Entstehung der Organismen; Scheidung von Organismen und Anorganen . 203
Weitere Ausgestaltung der lebendigen Ursysteme 207
Wirkungsweise der inneren Faktoren 207
Allgemeines über die Wirkungsweise der äußeren Faktoren 210
Die relativ konstanten Faktoren und Selektion I 212
Die fluktuierenden äußeren Faktoren und Selektion II 218

Seite
Die periodisch wirkenden äußeren Faktoren und Selektion III . . 219
Die Folgen der fortschreitenden Änderungen und lokalen Verschiedenheiten der äußeren Faktoren 225
Zusammenfassender Überblick über die Selektion, ihr Wesen, ihre Wirkungsweise und Bedeutung 227
Lösungsversuche einiger speziellerer Entwicklungsprobleme auf Grund der dargelegten Theorie 234
Überblick über das Zustandekommen des Fortschritts in der organischen Entwicklung 234
Die Ausbildung der „konservativen" Formen 235
Das phyletische Aussterben von Arten und Gattungen 237
Zur Erklärung der wunderbaren Komplikation und Mannigfaltigkeit des organischen Lebens 238
Einige weitere Erklärungen zur Phylogenie und Ontogenie 244

Motto:

„Die Wissenschaft ist vollständig berechtigt und auch verpflichtet, eine solche Untersuchung anzustellen. Für sie handelt es sich um eine ganz bestimmte und gewichtige Frage, die Frage nämlich nach der Existenz von Grenzen für die Tragweite der Naturgesetze, welche den Verlauf alles gegenwärtig Geschehenden beherrschen; ob diese auch in der Vorzeit von jeher gültig gewesen sein können, und ob sie es auch in der Zukunft immer werden sein können, oder ob die Voraussetzung einer ewig gleichmäßigen Gesetzmäßigkeit der Natur unsere Rückschlüsse aus den gegenwärtigen Zuständen auf die der Vergangenheit und Zukunft uns notwendig auf unmögliche Zustände und die Notwendigkeit einer Durchbrechung der Naturgesetze, eines Anfanges, der nicht mehr durch die uns bekannten Vorgänge herbeigeführt sein könnte, zurückleiten. Die Anstellung einer solchen Untersuchung über die mögliche oder wahrscheinliche Vorgeschichte der jetzt bestehenden Welt ist also von seiten der Wissenschaft keine müßige Spekulation, sondern eine Frage über die Grenzen ihrer Methoden und die Tragweite der zurzeit gefundenen Gesetze."

Helmholtz.

(Über die Entstehung des Planetensystems, 1871.)

Einleitung.

Der Vitalismus, der einer einheitlichen Auffassung der gesamten lebendigen und unbelebten Natur in den Weg tritt, hat in den letzten Dezennien in zunehmendem Maße seinen Schwerpunkt nach dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte der Organismen verschoben; während er früher vor allem die Eigentümlichkeiten des fertigen Organismus, seinen Stoff- und Energiewechsel, seine Nerventätigkeit usw. zum Gegenstande hatte. Und zwar ist es besonders die Entstehung und Entwicklung der zweckmäßigen Einrichtungen und Prozesse des Organismus, die dem neueren Vitalismus, dem Neovitalismus, als Angriffspunkt auf den Monismus dienen, welcher Umstand es mit sich bringt, daß der Neovitalismus vorwiegend in dem Gewande einer falschen Teleologie (vgl. S. 119ff.) oder Finalitätslehre auftritt.

Dadurch, daß der Vitalismus den Anschein zu erwecken sucht, allein einer Erklärung der organischen Entwicklung und Zweckmäßigkeit gewachsen zu sein, tritt er einer ruhigen Weiterentwicklung der monistischen[1]) Anschauungen störend und beunruhigend in den Weg. Denn gerade das Problem der Entstehung der organischen Zweckmäßigkeit ist eines derjenigen biologischen Probleme, die seit langer Zeit im Mittelpunkte des Interesses stehen. Man hat es wohl das „Problem der Probleme“ in der Biologie [Spengel[2])] genannt, so-

1) Unter „Monismus“ ist hier eine wirklich einheitliche Naturauffassung verstanden, was im Hinblick auf den nicht seltenen Mißbrauch dieser Bezeichnung ausdrücklich bemerkt sei.

2) Die im Text berücksichtigten Arbeiten der zitierten Autoren sind am Schluß in einem alphabetischen Verzeichnis aufgeführt. Wo sich im Text neben dem Namen des Autors ein Buchstabe (a, b, c . .) befindet, wie z. B. Weismann (a), da weist dieser auf die entsprechend bezeichnete Schrift eines mit mehreren solchen im Literaturverzeichnis vertretenen Verfassers hin.

wie man es als die schönste Frucht der Darwinschen Theorie bezeichnet hat, daß sie diesem Problem zu einer befriedigenden Lösung verholfen habe. Daher muß durch den Anschein, daß die Lösung dieses großen, wichtigen Problems, und damit überhaupt des Entwicklungsproblems, an den Vitalismus ausgeliefert sei, der monistischen Naturanschauung ein besonderer Schaden erwachsen.

Da nun heutzutage auch von ernster Seite in Abrede gestellt wird, daß die Darwinsche Selektionstheorie zur Erklärung der Entwicklung und im besonderen derjenigen der Zweckmäßigkeit der Organismen ausreiche, und da unter den sonstigen bekannteren und systematisch ausgearbeiteten Entwicklungstheorien keine in höherem Maße befriedigt als die genannte, so könnte es scheinen, als ob eine einheitliche naturwissenschaftliche Lösung des Entwicklungs-Problems überhaupt nicht möglich sei.

Dieser Umstand bringt es mit sich, daß die Verfechter einer monistischen Naturauffassung im allgemeinen die Integrität der Selektionstheorie so ängstlich behüten, während die Gegner des Monismus mit der Überwindung der Selektionstheorie die ganze von ihnen bekämpfte Weltanschauung aus dem Felde geschlagen zu haben glauben. Durch diese scheinbare Alternative erhalten die Erörterungen über die Darwinsche Lehre[1]) vielfach eine über die Grenze des rein Sachlichen hinausgehende Färbung.

Erkennt man die genannte Alternative nicht an, so wird man sich zunächst sagen, daß die Lehre von der Naturzüchtung eine Hypothese ist, die wie manche andere historisch berühmte und befruchtende Hypothese es sich gefallen lassen muß, gegebenenfalls mehr oder minder weitgehende Änderungen zu erfahren. Erscheinen solche notwendig, und wird dadurch die Leistungsfähigkeit der Selektionstheorie als universale Entwicklungstheorie eingeschränkt, so gilt es eben, sich nach weiteren Erklärungsmitteln umzusehen.

1) Um etwaigen Mißverständnissen vorzubeugen, sei daran erinnert, daß „Darwinsche Lehre“ und „Deszendenztheorie“ nicht mehr, wie noch vor einigen Jahrzehnten, für gleichbedeutend gilt, sondern daß die erstere, d. h. die Selektionstheorie oder Lehre von der Naturzüchtung, nur einen von den vielen Erklärungsversuchen der Deszendenz der Organismen darstellt.

Da mir, wie so manchem Biologen [1]), eine möglichst unparteiische Beurteilung das Unzureichende der Selektionstheorie als universale Entwicklungstheorie darzutun scheint, und da außerdem die anderen herangezogenen Erklärungsmittel, wie z. B. die von Lamarck gegebenen, die Schwächen der Selektionstheorie nicht zu heilen imstande sind, so beabsichtige ich hier auf einige mir wichtig erscheinende Gesichtspunkte hinzuweisen, die meines Wissens von den Biologen noch nicht zur Erklärung der Entwicklung des Organismenreiches verwendet worden sind.

Warum ich weder die Selektionstheorie in irgend einer der heute vorliegenden Formen noch auch andere Hypothesen, wie z. B. den Lamarckismus, zur Erklärung der phylogenetischen Entwicklung ausreichend finde, das möchte ich selbstverständlich näher begründen, um die Notwendigkeit des Beibringens neuer Erklärungsprinzipien darzutun.

Zur Kritik der Darwinschen Selektionstheorie.

Was zunächst die Leistungsfähigkeit der Selektionstheorie anbetrifft, so ist diese bekanntlich ausgiebig erörtert worden, und es sind alle Übergänge von der Behauptung einer „Allmacht" (Weismann) der Naturzüchtung bis zu derjenigen ihrer „Ohnmacht" (Spencer) oder sogar ihrer Nichtexistenz unter den geäußerten Anschauungen anzutreffen. Es ist selbstverständlich von besonderem Interesse zu wissen, wie Darwin selbst die Leistungsfähigkeit seiner Theorie eingeschätzt hat, und manchem seiner voreiligen Kritiker wäre zu empfehlen, hiervon einmal wirklich Kenntnis zu nehmen. Plate hat schon darauf hingewiesen, daß Darwin in der natürlichen Züchtung nur einen, allerdings besonders wichtigen Faktor gesehen habe, der mit anderen Kräften zusammen die Welt der Organismen regiere. In der Tat setzt Darwin immer wieder als ganz selbstverständ-

1) Hier sind besonders die Botaniker zu nennen. So sagt z. B. K. Goebel (a) von seinen Fachgenossen, daß bei ihnen „der eigentliche Darwinismus, d. h. die Richtung, welche der natürlichen Zuchtwahl die Hauptrolle bei dem Zustandekommen der Anpassungen zuschreibt, in Deutschland wenigstens fast keine Vertreter mehr hat".

liche Vorbedingung für das bedeutungsvolle Wirken der Selektion bei den Organismen „die Neigung zu Variieren“ voraus. Mit dieser Variabilität befaßt Darwin sich freilich nicht näher, vorwiegend wohl aus dem Grunde, weil er meint, daß uns „ihre Ursachen ganz unbekannt sind[1]).“ Damit steht der große Begründer der Deszendenztheorie aber im wesentlichen auf dem Standpunkt wenigstens eines großen Teils seiner heutigen Kritiker. Die letzteren unterscheiden sich von Darwin vornehmlich nur darin, daß sie den Anteil der Selektion mehr oder minder gering veranschlagen im Verhältnis zu dem Anteil der „Neigung zu Variieren“; während Darwin diesen letzteren Anteil offenbar erheblich unterschätzt hat und vor allem nicht berücksichtigt hat, daß seiner Theorie eine sehr empfindliche Lücke bleibt, so lange diese schwer ins Gewicht fallende Variabilität nicht genügend erforscht und erklärt ist.

Wie noch ausführlich dargelegt werden wird, liegt meines Erachtens das Hauptproblem der Entwicklungs- und Abstammungslehre in der Variabilität der Organismen; doch sei zugleich betont, daß durch diese Meinung die große Bedeutung der Selektion keineswegs geschmälert werden soll. Vielmehr erscheint es auf Grund der reichen und fruchtbaren Arbeit von Darwin und seinen Nachfolgern zweifellos, daß bei der phylogenetischen Entwicklung eine Selektion in Wirklichkeit nicht nur mitwirkt, sondern sogar eine wichtige Rolle spielt. Zudem glaube ich später (S. 212 ff.) zeigen zu können, daß auch vom Standpunkt der allgemeinen Physik die Wirksamkeit des Selektionsprinzips gefordert wird, indem die Organismenselektion nur ein Spezialfall einer ganz allgemein verbreiteten universellen Erscheinung ist.

Es sollen nun die Hauptpunkte hervorgehoben werden, zu deren Erklärung weder die Selektionstheorie Darwins noch die seiner Nachfolger noch auch eine andere der zurzeit vorliegenden Entwicklungstheorien als ausreichend anerkannt werden kann; ich will mich dabei auf drei mir am wichtigsten erscheinende Gründe beschränken.

1) Die „Entstehung der Arten“, Kapitel 5; die obigen Zitate sind von mir durch gesperrten Druck hervorgehoben.

Das Problem der „primären Zweckmäßigkeit“ [1].

Zunächst ist auf die Tatsache der sogen. „primären“ Zweckmäßigkeit der Organismen hinzuweisen. Es ist nämlich nicht zu bestreiten, daß auch schon der einfachste Organismus, den es gibt, ja der allereinfachste, der sich denken läßt, bereits zweckmäßige Eigenschaften und Einrichtungen besitzt. Das gilt auch schon für die ersten Organismen, die überhaupt existierten, gleichgültig, welchen Ursprung immer sie genommen haben mögen, also für das erste lebendige Material, welches schon vorliegen mußte, als die Naturzüchtung in Kraft trat.

Das Vorhandensein einer solchen primären Zweckmäßigkeit oder Elementarzweckmäßigkeit, die also nicht durch Selektion [Personalselektion [2]] entstanden sein konnte, dürfte wohl von keinem Biologen bestritten werden. Neuerdings ist besonders Plate, der sehr energisch für das Selektionsprinzip eintritt, auf diesen Punkt näher eingegangen. Er erkennt eine primäre, nicht durch Selektion zu erklärende Zweckmäßigkeit der Organismen vollkommen an. Plate unterscheidet mehrere Äußerungsweisen dieser primären, allen Lebewesen eigentümlichen Zweckmäßigkeit, wie: Assimilation, Wachstum, Reizbarkeit, Kontraktilität, Atmung und Fortpflanzung. Unter den sechs von ihm aufgestellten Kategorieen organischer Zweckmäßigkeit (vgl. S. 161 ff.) glaubt Plate (S. 140 ff.) von dreien, nämlich der reflexiven, der sanativen und der funktionellen Zweckmäßigkeit, daß sie großenteils primären Ursprungs seien, also nicht auf Zuchtwahl beruhen. Plate ist selbstverständlich der Meinung, daß diese verschiedenen Formen der organischen Zweckmäßigkeit nicht scharf gegeneinander abgegrenzt seien; sie sind differente, aber eng miteinander verwachsene Einrichtungen, die der Erhaltung des Organismus unter verschiedenen Bedingungen dienen. Diese Eigenschaften machen gerade den Begriff des Organismus aus.

---

1) Die Bezeichnung „Zweckmäßigkeit“ wird hier vorläufig in dem üblichen, nicht streng definierten Sinne gebraucht werden; eine genaue Definition, die für eine gründliche Behandlung des Zweckmäßigkeitsproblems unerläßlich ist, folgt später (S. 120 ff.).

2) Dieser Begriff stammt bekanntlich von Weismann (vergl. z. B. b, Bd. I), welcher die „Personalselektion“ der „Germinalselektion“ gegenüberstellt.

Aus diesen primären, elementaren Zweckmäßigkeiten würden dann nach der Darwinschen Lehre durch Selektion die „sekundär-zweckmäßigen", im Sinne der genannten Lehre auch als indirekte „Anpassungen" bezeichneten Eigenschaften hervorgehen, die uns besonders in der hohen Leistungsfähigkeit, Erhaltungsfähigkeit und Regenerationsfähigkeit der Organe und Organsysteme der höheren Tiere entgegentreten. Die ungeheure Mannigfaltigkeit und häufig so große Kompliziertheit der sekundär-zweckmäßigen Einrichtungen, durch welche die Organismen so vortrefflich an ihre gesamten Lebensbedingungen angepaßt erscheinen, soll also durch Steigerung und Modifikation der primären Zweckmäßigkeiten zustande kommen; indem diejenigen Individuen, bei denen die primär-zweckmäßigen Eigenschaften im Sinne eines besseren Angepaßtseins an die gesamte Umgebung variieren, die weniger Angepaßten überleben. Daraus ergibt sich der Schluß, daß das Problem der primären Zweckmäßigkeit von der größten Bedeutung ist: Denn der Erklärung der sekundären Zweckmäßigkeit oder der „Anpassungen", denen die Darwinsche Theorie der Naturzüchtung hauptsächlich gilt, fehlt die Grundlage, solange die primäre Zweckmäßigkeit nicht erklärt ist. Das ist noch mehr zu betonen, wenn wir mit Plate annehmen, daß auch manche einfache Anpassungen, also Einrichtungen, die zu den sekundär-zweckmäßigen gehören, ohne Selektion zustande gekommen sein mögen (l. c. S. 140 und 144). Wir müssen demnach unbedingt sagen: Der Kernpunkt des Problems von der organischen Zweckmäßigkeit liegt bereits in der Frage nach der Entstehung der primär-zweckmäßigen, also der ohne und vor der Selektion auftretenden zweckmäßigen Einrichtungen der Organismen.

Dieses Problem der primären Zweckmäßigkeit scheint vielen Biologen kaum bekannt, jedenfalls in seiner Tragweite nicht im entferntesten erkannt zu sein. Die Entwicklungstheorieen von Lamarck, Naegeli, Darwin, Haeckel, Weismann, Eimer, O. Hertwig, De Vries setzen alle, soweit ich sehen kann, den primitiven Organismus mit seinen primär-zweckmäßigen Eigenschaften schon voraus, können und wollen also eine Erklärung der letzteren nicht geben. Aber auch diejenigen Autoren, denen dieses Problem

geläufig ist, haben sich teils wenig um dasselbe bemüht, wie z. B. Plate, der ihm nur die Worte widmet: „Von den primär-zweckmäßigen Einrichtungen müssen wir annehmen, daß sie entstanden mit dem Momente, als das erste belebte Protoplasma sich bildete“ (l. c. S. 140); teils haben sie es in sehr unbefriedigender Weise kurzer Hand auf dualistischem Wege zu erledigen gesucht, wie die Neovitalisten.

Es bedarf wohl kaum eines besonderen Hinweises — und alle diejenigen, welche der Frage der primären Zweckmäßigkeit der Organismen näher getreten sind, stimmen dem gewiß bei, — daß das Problem der Entstehung und Entwicklung der primären Zweckmäßigkeit mit dem Problem der Entstehung und Entwicklung der Organismen überhaupt zusammenfällt; denn die primär-zweckmäßigen Eigenschaften sind ja schon den ersten Organismen zuzusprechen, gehören also schlechterdings zum Begriff des Organismus. In der Tat finden wir auch bei denjenigen Biologen, die vitalistische (teleologische oder finale) Erklärungen für die Entwicklung der Organismen aufgestellt haben, eben solche auch für das Zustandekommen der primären Zweckmäßigkeit und damit der organischen Zweckmäßigkeit überhaupt.

Das Problem der primären Zweckmäßigkeit lehrt also, daß die Selektionstheorie zur Erklärung der organischen Zweckmäßigkeit nicht ausreicht, da sie die primär-zweckmäßigen Eigenschaften nicht zu erklären vermag, welche doch die Wurzeln der sekundären Zweckmäßigkeiten oder Anpassungen darstellen[1]).

Man möchte vielleicht daran denken, daß eine Erweiterung der Selektionstheorie, wie sie W. Roux in seinem „Kampf der Teile im Organismus“ (Roux, a) und Weismann in seiner „Germinalselektion“ (Weismann, b) gegeben hat, hier aushelfen könnte; aber das wäre wohl ein aussichtsloses Unternehmen und ist meines Wissens auch nie versucht worden.

1) Von der Frage, ob die Selektionstheorie genüge, um die sekundäre Zweckmäßigkeit zu erklären, falls die primäre als erklärt vorausgesetzt würde, will ich vorläufig absehen (hierüber später).

Somit ergibt sich, daß eine befriedigende naturwissenschaftliche Erklärung der Entstehung der organischen Zweckmäßigkeit nicht vorhanden ist; die vitalistischen und neovitalistischen, von denen später (S. 130ff.) noch die Rede sein wird, gehören nicht hierher.

Die Entstehung der nicht-zweckmäßigen Eigenschaften der Organismen.

Eine zweite viel genannte Schwierigkeit bereiten der Selektionstheorie, sofern sie eine allgemeine Theorie der organischen Entwicklung sein will, die indifferenten (gleichgültigen, „biologisch wertlosen") und die schädlichen Eigenschaften der Organismen, die man alle als „nicht-zweckmäßige" zusammenfassen kann, und welche den zweckmäßigen oder nützlichen Charakteren gegenüber stehen. Da die genannte Theorie nur das Überleben des Passendsten, des Nützlicheren, Zweckmäßigeren zu erklären sucht, so steht sie der Tatsache, daß auch nicht-zweckmäßige Eigenschaften bei Organismen zustande kommen und sich fortschreitend zu immer größerer Kompliziertheit entwickeln, recht hilflos gegenüber. Man hat dieser Tatsache meines Erachtens viel zu wenig Gewicht beigelegt. Plate (l. c. S. 18) rechnet in seiner Apologie des Darwinismus den hierauf gegründeten Einwand gegen die Selektionstheorie zu den unwesentlichen und widmet ihm nur wenige Sätze; und auch bei Weismann treten diese „indifferenten" Charaktere gegenüber den Anpassungen[1]) oder nützlichen Eigenschaften ganz in den Hintergrund. Ehe wir auf die Erklärungsversuche der nicht-zweckmäßigen Charaktere eingehen, seien diese etwas näher bezeichnet.

Wir wollen die indifferenten und die schädlichen Eigenschaften gesondert betrachten. Zu den ersteren gehören:

a) diejenigen, welche man wohl als „rein morphologische" Charaktere oder als „Organisationsmerkmale" bezeichnet hat; sie werden von manchen Autoren, wie z. B. Weismann, als indifferente,

1) Weismann (b) bezeichnet alle zweckmäßigen oder nützlichen Charaktere als Anpassungen und macht keinen Unterschied zwischen „primärer" und „sekundärer" Zweckmäßigkeit.

biologisch wertlose etc. schlechthin bezeichnet. Dargestellt werden sie durch die große Gruppe der charakteristischen Merkmale der einzelnen Kreise, Klassen, Ordnungen und Gattungen. Es handelt sich hier um Eigenschaften, die gar nicht mit dem Maßstabe der Zweckmäßigkeit gemessen werden können, wie zunächst durch die folgende allgemeine Charakterisierung gezeigt sei: Nach der Selektionstheorie sollen die phylogenetisch jüngeren Organismenformen aus den phylogenetisch älteren in der Weise entstanden sein, daß immer die zweckmäßigsten Variationen der letzteren von der Naturzüchtung verwendet wurden. Danach müßten z. B. die Affen im ganzen zweckmäßiger organisiert oder besser an ihre Umgebung angepaßt sein als die Halbaffen, aus denen sie phylogenetisch hervorgingen; aus demselben Grunde müßten die mehrzelligen Organismen zweckmäßiger sein als die einzelligen, die Teleostier die Ganoiden und diese die Selachier an Zweckmäßigkeit übertreffen, ebenso die anthropoiden Affen die katarrhinen etc. Derartiges wird aber wohl kaum jemand behaupten wollen.

Aus der großen Fülle weiterer hierhergehöriger Tatsachen seien zur Erläuterung nur einige Beispiele herausgegriffen:

Man kann es nicht als zweckmäßig bezeichnen, daß die Insekten (Hexapoda) gerade drei Paare von Beinen besitzen, die Dekapoden fünf Paare, die Schizopoden acht Paare, die Myriapoden beliebige andere Zahlen von Beinen, ferner daß die Seesterne gerade fünf Arme haben etc. Ob Insekten mit vier Beinpaaren, Schizopoden mit sechs Paaren, Seesterne mit vier oder sechs Armen weniger zweckmäßig wären? Analoge Fragen kann man auch für die Gliederung eines Körpers und seiner Extremitäten, überhaupt für zahlreiche Teile eines Organismus aufwerfen. Wenden wir uns sogleich zu den Erklärungsversuchen der genannten Tatsachen:

In dieser Hinsicht begnügt sich Plate mit dem Ausspruch, daß die genannten Eigenschaften sich aus der „gemeinsamen Abstammung der betreffenden Gattungen und Familien von einer Stammform oder von mehreren nahverwandten Stammformen auf Grund der Vererbung erklären“ (l. c. S. 18).

Weismann ferner erkennt zunächst überhaupt nicht an, daß neben den Anpassungen oder nützlichen Charakteren eine erhebliche

Menge indifferenter Merkmale vorhanden sei, wie aus folgenden Äußerungen hervorgeht: „Der ganze Bau aller Arten zeigt uns, daß sie sozusagen ganz aus Anpassungen zusammengesetzt sind“ (b. Bd. II, S. 349). Und nachdem Weismann diese Behauptung speziell auf die Waltiere angewendet hat, schreibt er: „Was bleibt vom Walfisch übrig, wenn man die Anpassungen hinwegdenkt? Nichts als das allgemeine Schema eines Säugetieres; dieses aber war schon vor der Entstehung der Wale in ihren Vorfahren gegeben; wenn aber das, was die Wale zu Walen macht, also das „Schema“ eines Wales, durch Anpassung entstanden ist, dann hat also die hypothetische innere Entwicklungskraft — liege sie wo sie wolle — keinen Anteil an der Entstehung dieser Gruppe von Tieren.“

Da Weismann also das Vorhandensein indifferenter Charaktere keineswegs ganz leugnet, so sucht er für ihre Entstehung und Erhaltung als konstante Merkmale eine Erklärung, die mir jedoch nicht ganz eindeutig erscheint. Denn er läßt einerseits diese indifferenten Charaktere derart durch „Germinalselektion“ entstehen, daß beim „Kampf der Teile“ im Keimplasma die günstiger gestellten Anlagen den Sieg davontragen; und Weismann bezeichnet es als einen besonderen Gewinn dieser Hypothese, daß sie die Aufhebung einer strengen Scheidung zwischen indifferenten und nützlichen Charakteren gestatte, indem sie auch die Entwicklung der ersteren auf ein Überleben des Passendsten zurückführe (b. Bd. II, S. 423). Zur Erklärung derselben Tatsachen zieht Weismann aber andererseits auch die Korrelation der indifferenten Charaktere mit nützlichen heran, und läßt bei dem zur Germinalselektion führenden Intralkampf der Keimplasmaanlagen sowie bei dem zur Personalselektion führenden Kampf der Individuen die indifferenten Charaktere (bezw. ihre Anlagen) nur dadurch am Siege teilnehmen, daß er sie an die nützlichen korrelativ gebunden denkt (b. Bd. II, S. 348). Das Wesentliche dieser Erklärungsversuche Weismanns ist wohl die Ansicht, daß sowohl die Anpassungen als auch die indifferenten, rein morphologischen Charaktere durch Selektion, nämlich durch Vereinigung von Personal- und Germinalselektion, erklärbar seien; wozu indessen zu bemerken ist, daß Weismann auf die primär-zweckmäßigen Eigenschaften gar keine

Rücksicht nimmt, indem er keinen Unterschied zwischen ihnen und den sekundär-zweckmäßigen macht sondern, wie schon oben (S. 8, Anm. 1) angeführt wurde, alle zweckmäßigen oder nützlichen Eigenschaften als „Anpassungen“ bezeichnet.

Die Erklärungsversuche Weismanns, in denen derjenige von Plate ebenfalls enthalten ist, sind wenig befriedigend. Bezüglich der Germinalselektion muß ich bekennen, daß mir diese Hypothese zur Erklärung der Keimesvarietäten unannehmbar erscheint, wie dies bereits auch Plate (l. c. S. 117 ff.) und Günther (S. 330 ff.) in ihren kritischen Ausführungen dargetan haben. Was ferner die Erklärung durch die Annahme einer Korrelation mit nützlichen Charakteren betrifft, so läßt sich diese Anschauung freilich nicht direkt widerlegen; aber sie scheint mir ziemlich nichtssagend zu sein, wenn wir bedenken, daß doch im Grunde alle Teile eines Organismus in höherem oder geringerem Maße miteinander in Korrelation stehen, daß also ganz allgemein auch die zweckmäßigen und nicht-zweckmäßigen Eigenschaften in dieser Weise voneinander abhängen. Die genannte Hypothese führt daher zu unannehmbaren Konsequenzen: Denn man könnte nach ihr die Entwicklung einer Fülle indifferenter, ja selbst schädlicher Charaktere einfach dadurch „erklären“, daß man sie durch Korrelation an irgend einen nützlichen Charakter gebunden denkt.

Endlich wird durch den Hinweis Weismanns, daß z. B. beim Walfisch nach Abzug der Anpassungsmerkmale nur das allgemeine Schema eines Säugetieres übrig bleibe, welches von den Vorfahren der Waltiere vererbt sei, keineswegs eine Klärung der Sachlage herbeigeführt; denn eben hierin liegt ja gerade unser Problem, das wir auch so formulieren können: Wie sind die Säugetiere mit ihren „indifferenten“ Klassenmerkmalen aus der Klasse ihrer phylogenetischen Vorfahren hervorgegangen? Gerade die hierin zum Ausdruck kommende, vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitende Entwicklung der indifferenten rein morphologischen Merkmalskomplexe bietet das Hauptproblem dar. Dieses Problem aber, auf das wir im Zusammenhange mit anderen hernach (S. 239 ff.) wieder zurückkommen werden, bleibt ungelöst.

Wenden wir uns zunächst von den „rein morphologischen“ zu einigen anderen indifferenten Merkmalen. Hier wären weiter

b) die noch nicht „selektionswertigen“ Anfänge erst später nützlicher Eigenschaften zu nennen. Mit dem Problem der Entstehung und fortschreitenden Entwicklung derartiger Charaktere in der Richtung der Nützlichkeit ist nahe verwandt die Frage nach der Möglichkeit der fortschreitenden Ausbildung nützlicher Eigenschaften, auch wenn ihre vorteilhaften Variationen so gering sind, daß sie noch keinen „Selektionswert“ besitzen.

Auf diesen Punkt haben bekanntlich die Kritiker der Darwinschen Lehre einen besonders kräftigen Angriff ausgeführt. In der Tat ist ja mit der Feststellung, daß eine Eigenschaft oder eine Änderung einer solchen keinen Selektionswert besitzt, ihre Erklärbarkeit durch die Selektionstheorie schlechthin ausgeschlossen. Daher haben die Anhänger der letzteren versucht, dieses Problem wenigstens im Sinne der Darwinschen Theorie unter Heranziehung einiger Hilfshypothesen einer Lösung zugänglich zu machen. Plate (l. c. S. 28 ff.) gibt folgende Zusammenstellung der Erklärungsmittel, die teils für die fortschreitende Entwicklung noch nicht nützlicher Charaktere teils für die äußerst geringen nützlichen Variationen gelten:

Erstens sollen in vielen Fällen schon sehr geringe Unterschiede von merklichem Nutzen und damit selektionswertig sein.

Zweitens wird auch hier die Möglichkeit einer Korrelation mit nützlichen Organen verwertet.

Drittens wird der Funktionswechsel zur Erklärung herangezogen.

Viertens sollen durch Änderungen der Umgebung oder der Organismen selbst bisher indifferente Merkmale und ihre Änderungen selektionswertig werden.

Fünftens wird auf die Universalität oder vielfache Funktionsweise von Organen hingewiesen.

Sechstens wird der durch Vererbung übertragbare Erfolg andauernden Gebrauches und eine Art „Orthogenese“ (vergl. Eimer) geltend gemacht, indem „Reize, welche durch viele Generationen hin-

durch andauern und den Organismus somatisch beeinflussen, akkumulative Wirkungen hervorbringen können".

Siebentens wird an die „sprungweise diskontinuierliche Variabilität" erinnert.

Durch das Heranziehen der verschiedenen Hilfshypothesen erhalten wir zunächst die Bestätigung dafür, daß die Darwinsche Selektionstheorie für sich allein nicht als ausreichend für die gewünschten Erklärungen anerkannt wird. Ferner aber erweckt das Zusammensuchen so vieler Erklärungsmotive, von denen offenbar jedes einzelne an sich nicht als genügend erachtet wird, schon von vornherein den Argwohn, daß hier das Hauptmotiv fehle; zumal da die genannten Erscheinungen für sich und im Zusammenhang mit den anderen nicht-zweckmäßigen Charakteren eine so große und umfassende Gruppe bilden, daß das lebhafte Bedürfnis nach einem durchgreifenden, einheitlichen Erklärungsprinzip entsteht. Auch im einzelnen scheinen mir die genannten Hilfshypothesen wenig einleuchtend. Die Erklärungsmittel 1, 3, 4, 5, 7 dürften doch nur in ganz vereinzelten Fällen anwendbar sein, stellen daher trotz ihrer relativ großen Zahl ein recht schwaches Rüstzeug dar. Die Hypothesen 2 und 6 vollends erscheinen mir ganz unbrauchbar; erstere aus dem oben dargelegten Grunde (vgl. S. 11), letztere deshalb, weil sie mit der nicht annehmbaren Voraussetzung der Vererbbarkeit „somatogener" Eigenschaften oder funktioneller Abänderungen rechnet, auf die erst später (S. 23 ff.) etwas näher eingegangen werden soll.

Von weiteren „indifferenten" Eigenschaften seien noch aufgeführt:

c) die große Fülle der Farben, Formen und Zeichnungen von Schmetterlingsflügeln, Vogelgefiedern und dergl. Wer mit Rücksicht auf diese Frage einmal eine formenreiche Schmetterlingssammlung betrachtet oder das Vogelhaus eines zoologischen Gartens besucht, dem wird die Absicht vergehen, alles, was er hier an wunderbaren Bildungen sieht, dem Zweckmäßigkeitsbegriff unterordnen zu wollen, ebenso wie sich beim Anblick vielgestaltiger und vielfarbiger Mineralien kein solcher Gedanke regt (vgl. S. 14).

Oder sollte man etwa annehmen, daß z. B. für den Apollofalter (Parnassius Apollo) gerade die ihm eigene Form, Farbe und Anzahl der ringförmigen Flecke auf den Flügeln unter den zahlreichen denkbaren ähnlichen Zeichnungen die zweckmäßigsten seien, d. h. die bestangepaßten[1]) an die, eine Selektion[1]) bewirkenden, Faktoren der Umgebung? Und daß von den verschiedenen lokalen Varietäten des Apollo jede gerade durch die geringen Modifikationen ihrer Zeichnung an eben die Bedingungen, unter denen sie lebt, besonders angepaßt ist?

Zwar vertritt Weismann entsprechend seiner Ansicht, daß die Organismen zum ganz überwiegenden Teil „Anpassungskomplexe" seien, auch hier die Meinung, daß z. B. die Zeichnungen der Schmetterlinge lediglich Anpassungen, also nicht indifferent seien. Das mag wohl für viele einzelne Merkmale zutreffend sein, und gilt offenbar auch für die Beispiele, die Weismann im IV. und V. Kapitel seines Buches so anschaulich erläutert. Im übrigen aber scheint mir die Ansicht unwiderleglich, daß bei Schmetterlingsflügeln, Vogelgefiedern, Schnabelbildungen etc. der jeweils größere Merkmalskomplex nicht durch Anpassung im Darwinschen Sinne entstanden ist, und daß die letztere nur hier und da, bald in höherem, bald in geringerem Grade, modifizierend eingegriffen hat. Die genannten organischen Bildungen fordern geradzu heraus zu einem Vergleich mit der großen Mannigfaltigkeit der Formen und Farben der verschiedenen Mineralien und Gesteinsarten — es sei nur an die farbigen Zeichnungen des Jaspis, Onyx, Heliotrop etc. erinnert —, für welche doch trotz ihrer Erhaltungsfähigkeit niemand annehmen wird, daß sie durch Selektion in dem üblichen Sinne entstanden seien.

d) Schließlich sind von indifferenten Eigenschaften noch die von den Kritikern der Darwinschen Lehre vielgenannten rudimentären Charaktere oder regressiven Änderungen namhaft zu machen. Für ihre Erklärung im Sinne der Selektionstheorie hat Plate ebenfalls eine Anzahl von Hypothesen aufgestellt (l. c. S. 113):

1) Um einen scheinbaren Widerspruch mit späteren Ausführungen zu vermeiden, sei ausdrücklich bemerkt, daß vorläufig die Begriffe und Bezeichnungen der „Anpassung" und „Selektion" in dem von Darwin und seinen Nachfolgern gemeinten, nicht genauer definierten Sinne gebraucht werden. Genauere Begriffsbestimmungen können erst später gegeben werden (vgl. S. 206ff. u. 212ff.).

Erstens wird hier die Vererbung von Nichtgebrauch angeführt;

Zweitens die Vererbung der Erfolge äußerer Einwirkungen bezw. des Ausbleibens von solchen;

Drittens eine umgekehrte Selektion;

Viertens die Ökonomie der Ernährung, indem gewissen Organen durch anspruchsvollere benachbarte Teile die Nahrung entzogen wird;

Fünftens die Panmixie[1]), die indessen nur die physiologischen Verkümmerungen oder Degenerationen erklären könne, nicht aber die morphologischen Rückbildungen oder Rudimentationen im engeren Sinne.

Von diesen Erklärungsprinzipien scheiden 1 und 2 aus dem oben genannten Grunde (vgl. S. 13) aus, und die übrigen machen einen sehr gesuchten Eindruck. Eine ausführliche Kritik mag daher unterbleiben.

Auch die Weismannsche Erklärung der rudimentären Charaktere ist, da sie mit der Germinalselektion rechnet (vgl. S. 11), nicht befriedigend. Weismann führt nämlich die regressiven Änderungen auf „zufällige" Variationen des Keimplasmas zurück, die durch Germinalselektion in ihrer Richtung befestigt und durch Amphimixis auf alle Keimplasmen der Art übertragen werden (b. Bd. II, S. 255).

Die bisherige kritische Betrachtung der indifferenten, überhaupt der nicht-zweckmäßigen Charaktere zeigt, daß diese im Sinne der Selektionstheorie nicht erklärt werden können, und daß überhaupt eine befriedigende Erklärung für sie bisher nicht gegeben ist. Dieses Ergebnis ließe sich durch Aufzählung weiterer nicht-zweckmäßiger Eigenschaften noch bekräftigen, auf deren Angabe hier aber verzichtet sei, zumal da die gedachten Eigenschaften noch kaum diskutiert worden sind. Sie werden an einem späteren Orte angeführt werden (S. 166 f.).

---

1) Unter „Panmixie" versteht Weismann (vgl. z. B. b, Bd. II, S. 131) eine geschlechtliche Vermischung aller, der gut und der schlecht ausgerüsteten Individuen einer Art, welche eintreten würde, wenn die Selektion, mit Einschluß der sexuellen und der durch geographische, biologische und sexuelle Isolation (vgl. Plate l. c., S. 130 ff.) bewirkten, aufhörte.

Das Problem des Fortschritts vom Einfacheren zum Komplizierteren.

Wir wollen uns endlich zu einer dritten Tatsache der phylogenetischen Entwicklung wenden, die ebenfalls durch die Selektionstheorie, selbst mit Aufwand gewichtiger Hilfsannahmen, nicht wirklich erklärt werden kann: das ist die fortschreitende, und zwar die vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitende Entwicklung der Organismen. Damit ist aber gesagt, daß die Selektionstheorie für sich allein den Zweck, für den sie vornehmlich ersonnen war, im Grunde nicht erfüllt, nämlich die wenigstens im Prinzip lückenlose Erklärung der Deszendenz der höheren Organismen von den niederen. Das haben schon ihre ersten Kritiker, wie z. B. Nägeli, ausgesprochen, und das wird auch heute wieder von ernsten Forschern geltend gemacht. Auffallenderweise aber hat dieses Problem im Vergleich zu anderen wichtigen deszendenztheoretischen Fragen, deren Beantwortung die Selektionstheorie anstrebte, wie besonders dem Problem der organischen Zweckmäßigkeit, in neuerer Zeit eine verhältnismäßig wenig eindringende und umfassende Bearbeitung gefunden. So haben auch diejenigen Forscher, die in besonders umfassender Weise die Darwinsche Lehre gegen die verschiedenartigen Angriffe zu verteidigen gesucht haben, wenig Gelegenheit genommen, jenes Problem ausführlicher zu diskutieren. Was hier an Erklärungsversuchen im Sinne der Selektionstheorie etwa beigebracht werden kann, finden wir wohl am eingehendsten von Weismann dargelegt:

Zur Erklärung des Fortschritts in der Entwicklung, gleichgültig, ob dieser mit zu- oder abnehmender Kompliziertheit der Organismen einhergeht, finden wir bei Weismann Äußerungen der folgenden Art: Durch „Germinalselektion“ entstehen bestimmte „Variationsrichtungen“, „die allein für sich schon imstande sind, das Artbild nach diesen Richtungen hin weiter und weiter zu verändern“ (b, Bd. II, S. 421). Nach diesem Satze möchte man annehmen, Weismann lege der Keimsubstanz ohne weiteres eine fortschreitende Entwicklungsfähigkeit bei. Einer solchen Meinung aber widerspricht er

an anderen Orten, indem er sagt: „Die bestimmte Richtung wird nach meiner Ansicht der zufälligen Keimesvariation erst durch den Vorteil gegeben, welchen sie der Art in bezug auf ihre Existenzfähigkeit gewährt“ (b, Bd. II, S. 435). Damit wäre das fortschrittliche Moment doch wieder nach außerhalb von der Keimsubstanz bezw. der Germinalselektion verlegt, und zwar, wenn ich Weismann recht verstehe, in die Personalselektion (vgl. S. 5, Anm. 2) und die sie bedingenden äußeren Faktoren. Das dürfte auch der Sinn des Satzes sein: Hätten die äußeren Einflüsse „von der Urzeugung an absolut gleich bleiben können, so würde keinerlei Variation und keine Entwicklung eingetreten sein“ (b, Bd. II, S. 428); insofern bei den fortschreitenden Änderungen der äußeren Bedingungen immer andere, entsprechend abgeänderte, nämlich an die veränderten Umstände angepaßte Organismenformen durch die Personalselektion übrig gelassen werden.

Für die Tatsache, daß die fortschreitende Entwicklung im allgemeinen vom Einfacheren zum Komplizierteren gerichtet ist, wie es die von den Protisten zu den äußerst mannigfaltig zusammengesetzten höheren Tieren und Pflanzen aufsteigende Phylogenie zeigt, sucht Weismann auf folgendem Wege eine Erklärung zu geben:

Wenn auch die Grundlage aller Umwandlungen der Organismen die Germinalselektion sei, so reiche diese doch nicht aus, um die „unendliche Mannigfaltigkeit“ der organischen Formen entstehen zu lassen; dies sei vielmehr das Werk der Personalselektion. Hierüber und über die im Verlauf der Phylogenie stattfindende „Steigerung der Organisation“ sagt Weismann z. B. folgendes: „Nicht in jedem Einzelfall, wohl aber im großen und ganzen läßt sich zeigen, daß das Erreichen einer höheren Stufe der Organisation auch ein Übergewicht im Kampfe ums Dasein bedeutet, daß sich damit neue Lebensmöglichkeiten eröffnen, Anpassungen an bisher nicht ausnützbare Situationen, Nahrungsquellen oder Zufluchtsorte. So stieg ein Teil der niederen Wirbeltiere aus dem Wasser auf das Land heraus und paßte sich dem Leben auf dem Trockenen und in der Luft an, zuerst nur als schwerfällig sich dahinschleppende Molche, später auch als springende Frösche“ etc. —

„Es leuchtet ein, daß jede dieser Gruppen mit ihrer Entstehung sich zugleich ein neues Lebensgebiet eroberte, und bei vielen derselben war dieses ein so weites und enthielt wieder so viele spezielle Lebensmöglichkeiten, daß zahlreiche Unteranpassungen entstanden, und die Gruppe sich in viele Arten und Gattungen, in Familien und oft auch in Ordnungen spaltete.“ — „So zweigten sich von niederen Typen von Zeit zu Zeit immer wieder höhere ab, ohne daß doch jene niederen Stammtypen deshalb auszusterben brauchten“; — „so entstand das Bild einer allgemeinen Aufwärtsentwicklung und täuschte so ein nach oben gerichtetes Entwicklungsprinzip vor“. (b, Bd. II, S. 426 f.).

Bei der Beurteilung dieser Anschauungen ist zunächst zu beachten, daß Weismanns Grenzbestimmung für die Wirksamkeit der Germinalselektion eine recht schwankende ist: Einerseits finden wir das Bestreben, dem Keimplasma an sich eine „fortschrittliche Tendenz“ beizulegen, da es offenbar schwierig wäre, die Haupttriebkraft der fortschreitenden Entwicklung außerhalb desselben zu lokalisieren; andererseits begegnen wir dem Bedenken Weismanns, den „zufälligen, selbständigen“ Keimesvariationen, welche die Germinalselektion liefert, an sich eine maßgebende Rolle bei der Ausgestaltung des Artbildes zuzuschreiben, da die Germinalselektion als „inneres Prinzip“ keine Rücksicht auf äußere Verhältnisse nehmen, also keine Anpassung zustande bringen könne, während doch der Organismus in erster Linie einen „Anpassungskomplex“ darstelle oder „so zu sagen ganz aus Anpassungen zusammengesetzt sei“ (b. Bd. II, S. 345 ff. und 427; vergl. auch unten S. 49). Wir sehen hieraus, daß die Bearbeitung dieses wichtigen Problems durch Weismann keine genügend klare und seiner Bedeutung angemessene ist.

Aber auch wenn die Anteile der Germinal- und Personalselektion an der phylogenetischen Entwicklung genügend klargelegt wären, so würden gleichwohl diese Erklärungsversuche nicht befriedigen. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß der Ausgangspunkt der Weismannschen Ausführungen, nämlich die „Germinalselektion“, nicht anerkannt werden kann (S. 11). Wollten wir aber auch die Germinalselektion annehmen, so würde diese, zumal mit Unterstützung

der Personalselektion, zwar eine in irgend einer Richtung fortschreitende, wohl auch mit Anpassungen einhergehende, Entwicklung verständlich machen können, nicht hingegen eine vom Einfacheren zum Komplizierteren aufsteigende Entwicklung, d. h. die wirklich vorliegende Phylogenese. Mir wenigstens ist es nicht möglich einzusehen, wie allein durch eine besondere Ausnutzung gewisser äußerer Bedingungen, z. B. im Wasser, aus einem Protist ein Fisch geworden sein könnte. Über diese fundamentale Frage geht Weismann in seinem sonst so gedankentiefen und gedankenreichen Buch meines Erachtens zu leicht hinweg.

Fassen wir zusammen, was über die primäre Zweckmäßigkeit, die indifferenten Eigenschaften und das Fortschreitende in der Entwicklung der Organismen dargelegt wurde, so ergibt sich, daß alle diese wichtigen deszendenztheoretischen Probleme weder durch die Selektionstheorie Darwins noch durch irgendwelche Modifikationen und Erweiterungen derselben ausreichend erklärt werden können.

Zur Kritik der übrigen deszendenztheoretischen Erklärungsversuche.

Von sonstigen Erklärungsversuchen der genannten sowie der übrigen deszendenztheoretischen Tatsachen kommen nur noch diejenigen in Betracht, welche man als „autogenetische“ zusammenfassen kann, und die nach Art der lamarckistischen, welche als „allogenetische“ bezeichnet seien. Die nicht in den Rahmen naturwissenschaftlicher Erklärung gehörenden vitalistischen und neovitalistischen Deduktionen sollen an gesondertem Platze behandelt werden (S. 130ff.).

Autogenetische Theorieen.

Für die autogenetischen Erklärungsweisen deszendenztheoretischer Tatsachen ist es charakteristisch, daß die in erster Linie treibende Kraft für die mannigfaltige Ausgestaltung des Organismenstammbaumes in dem Wesen des Organismus selbst gesucht

wird, während den Faktoren der Umgebung des Organismus hierbei eine untergeordnete Rolle zugedacht wird. Die bekannteste derartige Anschauung stellt sich in der Nägelischen „Vervollkommnungstheorie“ dar, die auch von O. Hertwig mit einigen Modifikationen in seinem „Gesetz der Progression“ (b, S. 597 f.) angenommen worden ist.

Doch hat man dieser Vervollkommnungstheorie wohl mit Recht den Vorwurf gemacht, daß sie einen teleologischen[1]) Charakter trage; wir wollen es daher unterlassen, auf etwaige Erklärungen einzugehen, die man nach dieser Theorie für das Zustandekommen der primären Zweckmäßigkeit, der weitgehenden Entwicklung der indifferenten Eigenschaften und der zunehmend komplizierter sich gestaltenden Anpassungen vielleicht zu geben versuchen könnte.

Ein autogenetisches Prinzip stellt auch die Weismannsche „Germinalselektion“ dar, auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht (vgl. S. 10 f.); sonst liegen keine weiter ausgebildeten autogenetischen Theorieen vor, obschon das Prinzip der Autogenese sonst noch von mehreren Autoren anerkannt wird (vgl. z. B. auch L. Hermann [S. 14] und Goette [S. 26]). Auf dieses Prinzip werde ich später noch ausführlich zurückkommen (S. 207 ff.).

Allogenetische Theorieen (Lamarckismus, Neo-Lamarckismus, Orthogenesis).

Die lamarckistischen Erklärungsweisen, zu denen man außer den Anschauungen von Lamarck selbst auch Hypothesen nach Art der Eimerschen „Orthogenesis“, sowie den von vielen Biologen auch neben der Selektionstheorie angenommenen Neo-Lamarckismus rechnen kann, sind dadurch ausgezeichnet, daß sie unter den die phylogenetische Entwicklung bedingenden Faktoren das Hauptgewicht auf die Einwirkung der Außenwelt und ihre Beantwortung durch den Organismus legen. Das Wesentliche der ursprünglichen, von Lamarck entwickelten Lehre läßt sich etwa in folgende drei Sätze zusammenfassen:

1) Über teleologische „Erklärungen“ der organischen Entwicklung siehe S. 127 ff.

1. Veränderungen der Umgebung bewirken auch Veränderungen des Organismus.

2. Bei Tieren — nach Lamarcks Ansicht also nicht bei Pflanzen — sind diese Reaktionen des Organismus direkt „zweckmäßig".

3. Wirken die Änderungen der Umgebung längere Zeit auf ein Individuum ein, so werden die dadurch hervorgerufenen Abänderungen des Organismus auch auf seine Nachkommen übertragen.

Aus diesen, teils sehr hypothetischen, teils in sehr allgemeiner Form nur das Tatsächliche ausdrückenden Sätzen ist eine befriedigende Lösung der hauptsächlichen deszendenztheoretischen Probleme nicht zu gewinnen. Anstatt dies an der Hand der einzelnen Probleme zu beweisen, wird es genügen, die obigen Sätze etwas näher kritisch zu beleuchten:

Daß der erste der Lamarckschen Sätze in seiner allgemeinen Form richtig ist, unterliegt keinem Zweifel. Wenn aber durch ihn, wie es scheint, zugleich gesagt sein soll, daß die fortschreitenden Änderungen der Umgebung auch die tatsächlich in der Phylogenie vorliegenden fortschreitenden Änderungen der Organismen, und zwar die vom Einfacheren zum immer Komplizierteren aufsteigende Entwicklung, zustande bringen, so ist dies nicht nur völlig unbewiesen, sondern auch ganz unannehmbar. Es sind ja doch unter allen auf der Erde vorkommenden Systemen nur die lebendigen Organismen, welche die Fähigheit haben, unter der Einwirkung der im allgemeinen sich fortschreitend ändernden äußeren Bedingungen die charakteristischen Formenreihen des Organismenstammbaumes zu durchlaufen. Diese Fähigkeit wird aber durch Lamarck völlig vernachlässigt, indem nur die äußeren Einwirkungen besonders betont, also als maßgebend angesehen werden. Da aber alle nichtlebendigen Systeme diese Fähigkeit nicht besitzen, obgleich sie denselben fortschreitend veränderlichen äußeren Bedingungen unterworfen sind, so bedarf diese Eigentümlichkeit der Organismen in erster Linie der Erklärung. Denn wie sollte z. B. durch Änderungen der Temperatur, der Atmosphäre, der Nahrung etc. auch nur aus einem Saurier ein Vogel werden, wenn nicht eine bezügliche Entwicklungsfähigkeit vorhanden war? Einer be-

stimmten Entwicklungsfähigkeit könnte man selbst dann nicht entraten, wenn man die unausdenkbare Annahme gestatten wollte, daß für eine jede der vielen Organismenarten, die sich aus einer gemeinsamen Stammform entwickelt haben, ganz entsprechende, geradezu „harmonisch-prästabilierte“ äußere Bedingungen vorhanden gewesen seien. Wäre eine bestimmte Entwicklungsfähigkeit nicht nötig, so müßte man ja durch geeignet gewählte äußere Bedingungen aus jeder Organismenform jede beliebige andere gewinnen können! Also das Zustandekommen einer solchen Entwicklungsfähigkeit ist vor allem zu erklären!

Eine weitere Frage ist dann die, in welchem Maße die progressive Änderung der Umgebung an der phylogenetischen Fortentwicklung der Organismen Anteil hat. Diesen kann man sich sehr verschieden denken; es wäre sogar recht wohl möglich, daß jene Entwicklungsfähigkeit des Organismus die Stammesentwicklung auch dann noch weiter getrieben hätte, selbst wenn die äußeren Bedingungen schon seit langer Zeit, sagen wir z. B. seit der paläozoischen Periode, konstant geblieben wären[1]). Wir sehen also, daß das Erklärungsprinzip des ersten Lamarckschen Satzes ganz unzureichend ist.

Für den zweiten Satz des Lamarckismus gelten ähnliche Bedenken. Zunächst fehlt auch hier die Erklärung für die wohl im allgemeinen zutreffende Tatsache, daß die Tiere, überhaupt die Organismen, auf äußere Einwirkungen „zweckmäßig“ reagieren, mit anderen Worten: eine „direkte Anpassung“ zeigen[2]). Das ist doch eine besondere Eigentümlichkeit der Organismen, und eben diese zweckmäßige Reaktionsfähigkeit muß in erster Linie erklärt werden. Ein spezieller Fall solchen Vermögens ist die Eigentümlichkeit des Organismus, seinen Teilen durch Gebrauch eine Erhöhung, durch Nichtgebrauch eine Verminderung ihrer Leistungsfähigkeit zu erwerben. Wie diese Fähigkeit zustande gekommen ist, das ist hier das Hauptproblem, und das müßte doch erst wenigstens im Prinzip ge-

1) Dies sei besonders bemerkt im Hinblick auf die gegenteilige oben zitierte (S. 17) Äußerung Weismanns.

2) Hinsichtlich des Problems der „direkten Anpassung“ sei auch auf die Schrift von Detto verwiesen, die ich leider nicht mehr einsehen konnte.

löst sein, ehe dieser zweite Satz des Lamarckismus wirklich zur „Erklärung“ der Phylogenie beitragen könnte!

In allen den bisher besprochenen Punkten der Lamarckschen Lehre scheinen mir auch die Neo-Lamarckisten (wie z. B. von Wettstein) nicht wesentlich weiter gekommen zu sein, als der erste Begründer dieser Anschauungen.

Was endlich den dritten Lamarckschen Satz anbetrifft, so büßt dieser sein ganzes Fundament ein durch die Unbrauchbarkeit der beiden ersteren Sätze. Wenn nicht gezeigt werden kann, daß und wie die phylogenetischen Änderungen der Organismen durch die Außenwelt bewirkt werden, und wie ihre Reaktionsfähigkeit eine zweckmäßige zu werden vermochte, so könnte selbst durch den Nachweis der erblichen Übertragung derartiger „erworbener“ Eigenschaften eine Erklärung der phylogenetischen Entwicklung und ihrer hochkomplizierten, zweckmäßigen Ergebnisse nicht gewonnen werden, da Wurzel und Stamm dieser Erklärung fehlen.

Nun kann aber zudem gar nicht die Rede davon sein, daß eine Vererbung „erworbener“ Eigenschaften oder „funktioneller Abänderungen“ auch nur annähernd in dem von Lamarck und den Neo-Lamarckisten angenommenen Umfange wirklich vorkommt. Ich möchte hierin im wesentlichen der gründlichen und ausführlichen Kritik Weismanns (b, Bd. II, S. 70 ff.) und Günthers (S. 190 ff.) beipflichten und nur eine ganz allgemeine Beeinflussung der Keimsubstanz durch die direkten Anpassungen und Erwerbungen des elterlichen Soma[1]) gelten lassen. Es braucht nicht besonders bemerkt zu werden, daß bei den niederen Organismen im allgemeinen wohl eine Vererbung „erworbener“ Eigenschaften zur Geltung komme, da hier das den Einwirkungen der Außenwelt ausgesetzte Soma selbst die Substanz darstellt, aus der die Körper der Nachkommen gebildet werden. Als Beispiel sei nur die von Engelmann nnd Gaidukov entdeckte künstlich erzeugte Farbenänderung („komplementäre chromatische Adaptation“) von Oscillarien und ihre Vererbbarkeit angeführt.

1) „Soma“ ist hier im Weismannschen Sinne gebraucht; Näheres hierüber siehe später S. 92.

Ferner soll die Möglichkeit durchaus nicht bestritten werden, daß z. B. durch die Einwirkung erhöhter oder verminderter Temperatur auf ein Samenkorn oder Ei die in letzterem enthaltenen Anlagen für die nächste Generation in ähnlicher Weise beeinflußt werden wie das aus diesen Keimsubstanzen hervorgehende Soma (vgl. O. Hertwig b, S. 573 und 575; v. Wettstein S. 87 ff.); desgleichen die Möglichkeit, daß auch durch äußere Einflüsse bewirkte allgemeine Stoffwechseländerungen der ausgewachsenen Individuen mehr oder minder ähnliche Änderungen in ihren Nachkommen zur Folge haben können, was auch für die Versuche Ehrlichs über die Vererbbarkeit der Rizin- und Abrin-Immunität und ähnliches gilt (vgl. hierüber O. Hertwig, b, S. 574).

Dagegen ist es ebenso unbewiesen wie unwahrscheinlich, daß bei Individuen höherer, durch Keimsubstanz sich fortpflanzender Organismen „somatogene“[1]) Änderungen von Merkmalen und zwar von Anpassungsmerkmalen, die durch besondere die Grenzen der gewöhnlichen Lebensbedingungen überschreitende Änderungen der Umgebung hervorgerufen sind, in gleicher Weise auf die Nachkommen vererbt werden.

Ich könnte mich hinsichtlich der Begründung dieses Standpunktes auf die grundlegenden Auseinandersetzungen Weismanns sowie die jüngeren Darlegungen Günthers berufen, wenn nicht ein neuerer sehr energischer Vertreter des Lamarckismus, der Botaniker v. Wettstein, selbst zugegeben hätte, daß das bisher zugunsten der genannten Lehre vorgebrachte Beweismaterial nicht recht überzeugend gewesen sei, während er glaubt, seinerseits ganz entschieden für den Lamarckismus sprechende Tatsachen anführen zu können.

Von Wettstein sucht zunächst einige indirekte Beweise zu erbringen, indem er Tatsachen vorführt, die seines Erachtens nur

1) Als „somatogen“ wollen wir im Sinne von Weismann solche Änderungen bezeichnen, die bei den oben charakterisierten ungewöhnlichen äußeren Einwirkungen direkt nur das Soma eines durch Keimsubstanz sich fortpflanzenden Organismus betreffen; demnach stellen die somatogenen Änderungen nur einen Teil der gesamten Gruppe der „erworbenen“ Eigenschaften dar.

lamarckistisch[1]) erklärt werden können. Indessen findet man in seinen Darlegungen da, wo man eine überzeugende Schlußfolgerung erwartet, meistens nur Wendungen, wie: „Es wäre vollkommen gezwungen anzunehmen“ oder „ist es denn nicht viel natürlicher anzunehmen“ und dergl. Die von v. Wettstein angeführten Schwierigkeiten für nicht-lamarckistische Erklärungen fallen aber sofort weg, wenn man, wie wir später sehen werden, der Variabilität den gebührenden Platz in der Entwicklungslehre anweist, was der genannte Forscher meines Erachtens nicht tut.

Die Beispiele aber, aus denen v. Wettstein direkte Beweise für seine Anschauungen abzuleiten sucht, betreffen gar nicht die Vererbung bestimmter somatogener Eigenschaften in dem zuvor charakterisierten Sinne. Vielmehr handelt es sich hier einerseits um niedere Organismen (Hefepilze etc.) und somit um direkte äußere Einwirkungen auf das Material, aus dem die kindlichen Zellkörper gebildet werden (vgl. oben S. 23). Bei den Beispielen aus der landwirtschaftlichen Botanik andererseits haben wir es mit ganz allgemeinen Beeinflussungen der Samen in der oben (S. 24) angedeuteten Weise zu tun, wobei zudem die Mitwirkung der Selektion nicht immer auszuschließen ist. Hier handelt es sich aber nach nächstliegender Annahme nicht sowohl um eine Rückwirkung der von dem Klima veränderten Pflanzen auf ihre Samen als vielmehr um eine gleichzeitig die Pflanze und ihre Samen treffende und beide in gleichem Sinne modifizierende äußere Einwirkung.

Aus den letztgenannten Fällen den Schluß zu ziehen auf das Vorhandensein einer Vererbung rein somatogener Abänderungen (vgl. S. 24), also solcher, die zunächst nur das Soma erfährt, ohne gleichzeitige direkte Affektion der Keimsubstanz, und die dann später ganz ebenso in dem entwickelten Keim zum Vorschein kommen, dazu liegt nicht die geringste Berechtigung vor. Denn zwischen den zuletzt charakterisierten Vorgängen, wo es sich allein im strengen Sinne um eine Vererbung „erworbener“ Eigenschaften handelt, und zwischen denjenigen, wo Soma und Keimsubstanz identisch und wo

1) D. h. hier: auf Grund der Annahme der Vererbbarkeit „erworbener“ Eigenschaften, einschließlich der „somatogenen“ Veränderungen.

das äußere Agens in gleicher Weise gleichzeitig beide direkt beeinflußt, oder wo bestimmte Abänderungen des Soma beliebige allgemeine Reaktionen[1]) der Keimsubstanz zur Folge haben, ist doch ein fundamentaler Unterschied.

Es ist auffallend, daß die für die Vererbung erworbener Eigenschaften eintretenden Biologen über diesen Unterschied so leicht hinweggehen und die Beweise für das Vorkommen der ersten Gruppe erworbener Eigenschaften ohne weiteres auch für die Vererbung rein somatogener Veränderungen in Anspruch nehmen. So verkennt auch Lotsy (S. 169) diesen Unterschied, weil er ihn nur auf die von ihm nicht anerkannte Unterscheidung von Keimsubstanz (Keimplasma) und Soma (Somaplasma) gegründet glaubt; der Mangel tatsächlicher Beweise für die Vererbung somatogener Eigenschaften und die schweren theoretischen Bedenken gegen diese Annahme bleiben aber doch völlig dieselben, gleichgültig, ob man einen Unterschied zwischen Soma und Keimsubstanz anerkennt oder nicht.

Es gibt also zu den großen theoretischen Bedenken keine Tatsache, die für eine Vererbung somatogener Abänderungen spräche. Das gilt im Besondern auch für die angebliche Vererbung der als „funktionelle Anpassungen" bezeichneten Gruppe somatogener Änderungen. Jeglicher Beweis fehlt für die Annahme, daß die durch Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen und Körperteilen, ferner durch Traumen im weitesten Sinne und dgl.[2]) bedingten Änderungen eines Individuums auch auf dessen Nachkommen übertragen werden. Auch Rabl bringt in seinen neueren Ausführungen über diesen Gegenstand keinen wirklichen Beleg für die Hypothese,

---

1) Zu diesen gehört z. B. auch die sog. Vererbbarkeit erworbener Epilepsie. Die letztere kann bekanntlich als Symptom bei den verschiedensten nervösen Affektionen auftreten. Allgemeine Schädlichkeiten, welche die Eltern andauernd getroffen haben, wie z. B. Vergiftungen und Infektionen, rufen häufig in gleicher Weise bei ihnen selbst wie bei ihren Kindern allgemeine nervöse Erkrankungen hervor; wenn nun die letzteren bei Eltern und Kindern das Symptom der Epilepsie zeigen, so liegt hier deshalb doch keineswegs eine Vererbung einer erworbenen Eigenschaft im strengen Sinne vor (vergl. hierüber auch die ausführliche Darstellung von Lotsy, S. 169). Beispiele nach Art des genannten ließen sich noch mehrere anführen.

2) Z. B. Lichtwirkungen auf Auge und Haut und entsprechende Reizwirkungen auf andere Sinnesorgane.

„daß die Ausübung der Funktion von seiten des entwickelten Tieres und die Anpassung an die Funktion einen Reiz auf dessen Keimzellen ausübt, und daß die Keimzellen auf diesen Reiz mit einer bestimmten, demselben adäquaten Veränderung oder Anpassung antworten".

Fragt man, warum trotz dem erwähnten Sachverhalt mit so großer Beharrlichkeit an der Vererbung „erworbener" Eigenschaften, und zwar besonders der „somatogenen" Abänderungen, festgehalten wird, so erhält man die Antwort, daß man nicht „auf eines der wichtigsten Erklärungsprinzipien für die Entwicklung der Organismenwelt verzichten" wolle (O. Hertwig b., S. 571). Das ist aber ein recht unzureichendes Motiv; denn ein Erklärungsprinzip, das in den vielen genau untersuchten einschlägigen Fällen sich als nicht anwendbar erwies, kann doch nicht das Prädikat „wichtig" beanspruchen. Gleichwohl wird in Ermangelung anderer aufhellender Gesichtspunkte an der Vererbbarkeit aller erworbenen Eigenschaften, einschließlich der weitaus größten und wichtigsten Gruppe der somatogenen, festgehalten, indem man, wie schon erwähnt, den prinzipiellen Unterschied[1]) vernachlässigt, der zwischen denjenigen Vorgängen besteht, die eine lamarckistische Erklärung zulassen und denjenigen, für die eine solche durch Tatsachen und Überlegungen abgelehnt wird.

In der gleichen Absicht werden auch Überlegungen, die wohl für die erstere Gruppe von Vererbungserscheinungen zutreffend sind, wie diejenigen H. Spencers[2]) über die gegenseitige Abhängigkeit aller Teile eines lebenden Organismus, irrtümlich auch zur theoretischen Begründung der Möglichkeit einer Vererbung somatogener Abänderungen herangezogen. Ebenso werden ältere Äußerungen von Fechner und Hering zitiert (vergl. Hertwig, b, S. 581 ff.), trotzdem es doch sehr fraglich ist, ob diese Forscher geneigt wären, ihren ziemlich allgemein gehaltenen Auseinandersetzungen auch entgegen den wuchtigen Einwänden Weismanns wider die angebliche

1) Hertwig fühlt ihn wohl, entzieht sich aber den entsprechenden Folgerungen durch eine Erweiterung des Begriffes „Vererbung" (b, S. 577), wodurch aber an dem Tatbestand nichts geändert wird.

2) Vergl. O. Hertwig, b, S. 579 f.

Vererbbarkeit somatogener Abänderungen noch ein besonderes Gewicht beizulegen.

Wenn wir somit die große Gruppe der somatogenen Veränderungen aus der Reihe der vererbbaren Neuerwerbungen des Organismus streichen müssen, so bleibt auch von dem im dritten Lamarckschen Satze enthaltenen Entwicklungsprinzip nicht viel übrig; aber auch das, was noch übrig bleibt, ist für die Erklärung der Phylogenie völlig machtlos in Anbetracht der charakterisierten Schwächen der anderen Lamarckschen Prinzipien, die als Fundament des ganzen Erklärungsversuches dienen sollten. Es fehlt also sehr viel daran, daß durch den Lamarckismus oder auch den Neo-Lamarckismus, wie das v. Wettstein will, eine Erklärung gewonnen werden könnte für „die zunehmende Komplikation der Organisation, die uns als Fortschritt in der Entwicklung erscheint". (l. c. S. 81).

Vielleicht ist Aussicht vorhanden, daß die übertriebene Bedeutung, die von vielen Seiten noch dem Lamarckismus zuerkannt wird, die gebührende Einschränkung erfährt, wenn sich die Überzeugung erst Bahn gebrochen hat, daß es neben dem Selektionsprinzip, mit Einschluß der Germinalselektion Weismanns, und den Lamarckschen Prinzipien noch, wie wir sehen werden, ein weiteres und zwar sehr wirksames Prinzip gibt, welches der Erklärung einer fortschreitenden Entwicklung und zunehmenden Komplikation der Organismen dienstbar gemacht werden kann.

Rückblick und Plan für die folgende Untersuchung.

Durch die vorstehende Kritik des Lamarckismus und Neo-Lamarckismus werden alle allogenetischen Entwicklungstheorieen, wie z. B. auch die Migrationstheorie von M. Wagner und die Eimersche Orthogenesislehre in gleicher Weise getroffen. Da wir außerdem die Darwinsche Selektionstheorie nebst ihrer Ergänzung durch die Weismannsche Lehre von der Germinalselektion, sowie auch die zurzeit vorliegenden autogenetischen Entwicklungstheorieen als nicht ausreichend erklären mußten, um das Zustandekommen der primären Zweckmäßigkeit und der komplizierteren indifferenten Eigen-

schaften des Organismus, sowie die vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitende Entwicklung etc. verständlich zu machen, so fehlt uns bis jetzt eine befriedigende, selbst nur prinzipielle Lösung der Hauptprobleme der Abstammungslehre. Es ist daher gewiß wünschenswert, auf einige bisher nicht beachtete, allgemeinphysikalische und -physiologische Gesichtspunkte hinzuweisen, mittels deren der Versuch gemacht werden soll, die bezeichneten empfindlichen Lücken in unseren deszendenztheoretischen Erklärungen auszufüllen.

Dieser Versuch sei begonnen mit einer bis jetzt fehlenden systematisch durchgeführten Untersuchung der fundamentalen deszendenztheoretischen Probleme der Variabilität, der Vererbung und der Zweckmäßigkeit der Organismen. Nachdem dann ein Überblick über die wichtigsten Probleme gegeben ist, denen eine umfassende Entwicklungstheorie gerecht werden muß, möchte ich auf Grund einiger allgemein naturwissenschaftlicher Voraussetzungen eine allgemeine Theorie der organischen Entwicklung darlegen, die auch eine generelle Behandlung der Vorgänge der „Anpassung“ und „Selektion“ enthalten wird. Zum Schluß soll durch die Anwendung der allgemeinen Theorie eine Erklärung der wichtigsten Tatsachen der Entwicklungslehre angebahnt werden.

Die Variabilität der Organismen.

Variabilität und Vererbung.

Zunächst seien hier noch einige ganz allgemeine Bemerkungen über das Verhältnis der Vererbung und Variabilität und ihre Anteile an der Entwicklung vorausgeschickt. An Stelle der „Variabilität" wird im gleichen Sinne wohl auch die Bezeichnung „Anpassungsfähigkeit" (Haeckel, b, S. 208) gebraucht, was freilich meist nicht gleichbedeutend ist, da auch Variationen vorkommen, die keine Anpassungen darstellen [1]). In vielen Fällen ist, wie wir sehen werden (S. 98), die Variabilität gleichbedeutend mit „Entwicklungsfähigkeit".

Fiele neben der Vererbung die Variabilität der Organismen ganz weg, was ja denkbar wäre, so würde wohl noch eine Ontogenie, aber keine Phylogenie mehr möglich sein. Die Vererbung könnte dagegen wegen des „omnis cellula e cellula" nie fehlen, doch wäre es vorstellbar, daß sie sich bei sehr weitgehender Variabilität vorwiegend auf die Tatsache der stofflichen Abstammung beschränkte; es würde dann trotz der letzteren die Abweichung des kindlichen Organismus vom elterlichen so groß sein, daß von einer Ähnlichkeit, die doch besonders charakteristisch für die Vererbung ist, kaum mehr die Rede sein könnte. Das wäre z. B. der Fall, wenn sich mit Überspringung aller phylogenetischen Zwischenstufen aus einem Fischei ein Reptil oder aus einem Reptilienei ein Vogel entwickelte.

1) Ferner ist die Variabilität nicht genügend charakterisiert, wenn man sie mit Haeckel als die Fähigkeit auffaßt, nur unter dem Einfluß der Außenwelt, und zwar ihrer Veränderungen, dem Organismus neue Eigenschaften zu erwerben (l. c. S. 208).

Zur Charakterisierung der Variabilität.

Die Variabilität, zu deren näherer Charakterisierung wir uns jetzt wenden wollen, ist für die Probleme der Entwicklung, im besonderen für dasjenige der Phylogenie, und für die Beurteilung der Darwinschen Lehre so wichtig, daß sie eine umfassendere und tiefer gehende Betrachtung verlangt, als ihr im allgemeinen zuteil zu werden pflegt. Zwar haben die Kritiker der Selektionstheorie wohl behauptet, daß die Frage nach der Entstehung der Variationen einer Organismenart wichtiger sei, als die Frage darnach, wie es komme, daß gerade die besser angepaßten, d. h. zweckmäßigeren Variationen die übrigen überleben; trotz dieser Anregung aber hat das Problem der Variabilität nicht die gebührende Klarstellung und Formulierung gefunden [1]). Gleichwohl steht die wichtige Rolle der Variabilität außer Zweifel, von welcher schon Darwin sagte, daß sie durch die Selektion weder erklärt werden könne noch solle.

Es sei hier nochmals betont [2]), daß unter „Variabilität" die Veränderlichkeit oder Abänderungsfähigkeit des Organismus ganz allgemein verstanden werden soll, gleichgültig ob diese durch äußere oder innere Ursachen bedingt ist und ob sie zu Anpassungen führt oder nicht (vgl. S. 30).

Wir wollen hier zunächst vorwiegend nur das Tatsächliche der Variabilität in seinen wesentlichen Punkten festzustellen und möglichst scharf zu formulieren suchen, was m. E. bisher nicht in genügendem Maße geschehen ist.

Man muß hinsichtlich der Variabilität und des Variierens einer Organismenart zweierlei auseinander halten, nämlich:

Erstens die Abänderung, die ein Individuum im Vergleich zu seinen Eltern und Vorfahren und die eine Anzahl gleichaltriger Individuen durchschnittlich im Vergleich zu Eltern und Vorfahren zeigen.

---

1) Das gilt auch für die ausführliche Behandlung des Variabilitätsproblems durch Lotsy (l. c. S. 119 ff. u. S. 179 ff.), welche die wichtige fortschreitende Variabilität (vergl. S. 32 ff.) z. B. nicht berücksichtigt.

2) Vergl. auch S. 30, Anm. 1.

Und zweitens die Unterschiede, welche Individuen im Vergleich zu anderen Individuen derselben Generationen[1]) und anderen Gleichalterigen darbieten.

Diese gewissermaßen zwiefache Variabilität hat man bisher wohl kaum beachtet, vielmehr nur im allgemeinen von der Variabilität einer Organismenart gesprochen und diese bald als „richtungslos", „unbegrenzt", „unbestimmt", „universell" oder „zufällig", bald als „bestimmt gerichtet" bezeichnet. Nach Plate (S. 120 ff.) scheint man ziemlich allgemein der Meinung zu sein, daß die Variabilität einer Art entweder eine „richtungslose", „universelle" etc. oder eine „bestimmt gerichtete" sei. Der genannte Forscher hält diese Frage noch nicht für spruchreif, neigt aber zu der Ansicht, „daß beides in der Natur vielfach nebeneinander vorkommt, bei der einen Art diese, bei der anderen jene Form vorherrscht".

In diesen Plateschen Ausführungen sind offenbar nur die Variationen eines Individuums im Vergleich zu seinen Vorfahren gemeint, während von einer Variabilität, welche in den Verschiedenheiten beliebiger Individuen derselben Art, z. B. auch verschiedenen Kindern der gleichen Eltern, zum Ausdruck kommt, hier kaum die Rede ist, jedenfalls nicht zwischen diesen beiden ganz verschiedenen Begriffen unterschieden wird. Lotsy andererseits (vgl. S. 31, Anm. 1) behandelt vorwiegend die zweite der oben (S. 31 f.) genannten Arten der Variabilität, ebenfalls ohne die beiden begrifflich voneinander zu trennen. Auf diese Verhältnisse, die nicht nur für die Selektionstheorie, sondern für das ganze Problem der phylogenetischen Entwicklung von der größten Bedeutung sind, muß etwas näher eingegangen werden. Wir wollen zuerst die verschiedenen Arten etwa möglicher Variabilität betrachten und dann nachsehen, was hiervon in Wirklichkeit wohl vorkommt.

Beginnen wir mit den Verschiedenheiten zwischen Eltern und Kindern etc. Hier erhebt sich zunächst die Frage, ob diese Variabilität eine bestimmt „gerichtete" oder „richtungslose" oder vielmehr, wie wir uns besser ausdrücken, ob sie eine fortschreitende oder

1) Mit „Generation" sei hier der Kürze halber die Gesamtheit der Kinder eines Elternpaares oder Elters bei (Parthenogonie etc.) bezeichnet.

nicht fortschreitende ist. Diese Bezeichnungen erst heben gegenüber den vorher genannten das Wesentliche hervor. Unter den Begriff der fortschreitenden Variabilität würde z. B. die „bestimmt gerichtete" Variabilität und wohl auch die „sprungweise" Variabilität oder „Mutabilität", unter denjenigen der nicht fortschreitenden Variabilität die „richtungslose", „unbestimmte", „zufällige", „fluktuierende" oder „Plus-Minus-Variabilität" fallen[1]); doch sei im voraus bemerkt, daß die beiden letzteren Bezeichnungen wohl in der Regel auf solche Variationen angewendet werden, welche ein Individuum im Vergleich zu anderen Individuen derselben Generation oder paralleler[2]) Generationen darbietet.

Was zunächst die fortschreitende Variabilität anbetrifft, so besteht diese darin, daß bei den Kindern gewisse morphologische und physiologische Eigentümlichkeiten der Eltern und Vorfahren im allgemeinen in gesteigertem oder verringertem Maße wiederkehren, oder auch völlig neue Merkmale auftreten, während hinsichtlich anderer Eigenschaften neben den Übereinstimmungen mit den Aszendenten auch ganz beliebige schwankende individuelle Abweichungen von diesen vorkommen können. Eine fortschreitende Variabilität solcher Art zeigt sich ganz zweifellos in der phylogenetischen Entwicklung der Organismen. Hätte nämlich in irgend einer Zeit der Stammesgeschichte die fortschreitende Variabilität zu existieren aufgehört, so wäre sofort die fortschreitende Entwicklung zum Stillstand gekommen. Da vielen Biologen diese selbstverständliche Überlegung fremd zu sein scheint, so sei dies etwas ausführlicher an einem Beispiel erläutert. Hierbei wollen wir von der nicht-fortschreitenden Variabilität ausgehen und uns dann erst zur näheren Untersuchung der fortschreitenden wenden.

Denken wir uns etwa ein Taubenpaar mit ganz gleichen sichtbaren und latenten[3]) Eigenschaften und fassen wir ein bestimmtes Merkmal derselben ins Auge, z. B. die Länge des Schnabels; und zwar

1) Bezeichnungen wie „universelle" oder „unbegrenzte" Variabilität sind ohne nähere Definitionen gar nicht zu gebrauchen.

2) Parallel nenne ich solche, die im Verhältnis von Vettern (I., II. etc. Grades) zueinander stehen.

3) Über die Bedeutung der „latenten" Eigenschaften siehe später S. 179 u. 246.

wollen wir uns vorstellen, daß die Eltern eine mittlere Schnabellänge (3)[1]) besitzen, während ihre Kinder und Enkel[2]) teils die gleichen (3), teils etwas längere (4), teils etwas kürzere (2) Schnäbel darbieten, wie das beifolgende Schema der Figur 1 zeigt.

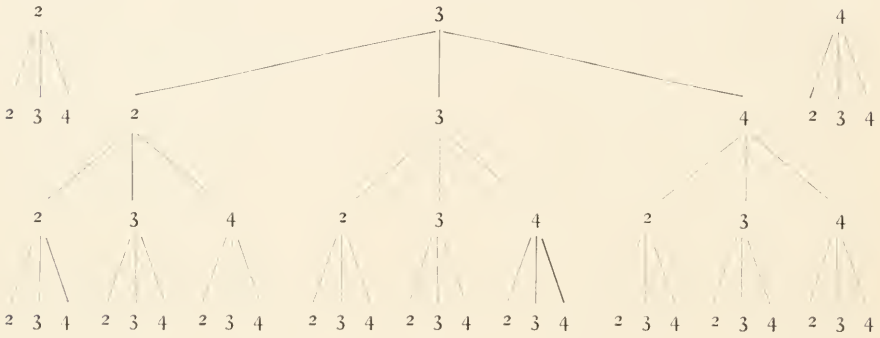


Fig. 1.

Nach unserem Schema ist es charakteristisch für die nichtfortschreitende Variabilität, daß in keiner Generation Schnabellängen vorkommen, die sich nicht auch schon in den früheren gezeigt haben, daß also die Individuen aller aufeinanderfolgenden Generationen stets innerhalb derselben Grenzen variieren. Indessen wäre es hierbei nicht ausgeschlossen, daß einmal in einem Individuum oder einer Generation diese Grenzen überschritten würden, wofern nur für die nachfolgenden Generationen die ursprünglichen Durchschnittswerte wieder herauskommen. Diese Variabilität sei als Variabilität I bezeichnet. Man könnte hier die in dem Verhalten der Nachkommen zu ihren Vorfahren sich äußernde Variabilität als eine „fluktuierende", oder als eine „Plus-Minus-Variabilität" bezeichnen.

Dieselbe Bezeichnung gilt nun besonders für das gegenseitige Verhältnis der verschiedenen Individuen derselben Generation oder paralleler Generationen, insofern diese stets innerhalb derselben Grenzen variieren, so daß auch die Durchschnittswerte für die Schnabellängen in den aufeinanderfolgenden Generationen sich nicht fortschreitend ändern.

1) Die Zahlen sollen ein Maß für die Schnabellängen sein.

2) Es sei angenommen, daß jedes Individuum einen Gatten von gleicher Schnabelbeschaffenheit und gleichen sonstigen Eigenschaften finde.

Wenden wir uns wieder zur fortschreitenden Variabilität. Eine solche ist offenbar schon vorhanden, wenn die einzelnen Kinder und Enkel (vergl. S. 34, Anm. 2) Schnabellängen aufweisen, wie sie das Schema der Fig. 2 versinnlicht.

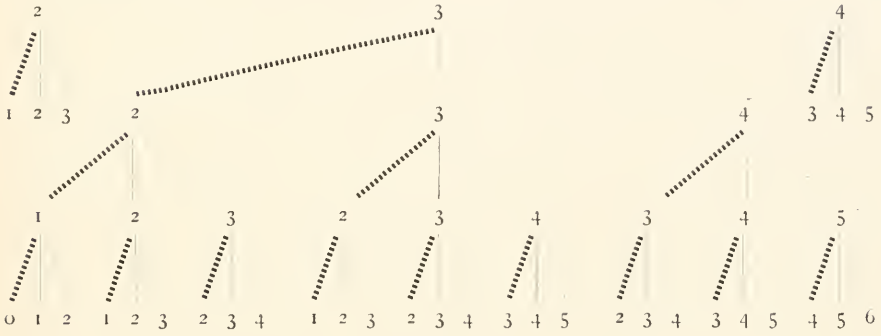


Fig. 2.

Hier ist der Fall gesetzt, daß die Individuen der aufeinanderfolgenden Generationen stets nach beiden Seiten von ihren Eltern fortschreitend variieren; demnach haben die Kinder von Individuum 3 [1]) der zweiten Generation wieder die Schnabellängen 2, 3, 4, während die Kinder von Individuum 2 im Durchschnitt kürzere, diejenigen von Individuum 4 längere Schnäbel darbieten, als jede aus einem Individuum 3 hervorgehende Generation. Es sind also in den verschiedenen Deszendentenreihen des Stammbaumes „Tendenzen“ [2]) teils zu immer größeren, teils zu gleichbleibenden, teils zu immer kleineren Schnäbeln vorhanden; die Glieder der ersteren Reihen, z. B. 3, 4, 5, 6, sind durch punktierte Linien, die der letzteren, z. B. 3, 2, 1, 0, durch gestrichelte Linien miteinander verbunden. In beiden Reihen sehen wir, daß jedes Individuum im Vergleich zu seinen Eltern und Vorfahren eine fortschreitende Variabilität zum Ausdruck bringt. Eine Variabilität dieser Art heiße Variabilität II.

Trotz dieser fortschreitenden Variabilität ist im vorliegenden Falle aber auch eine fluktuierende oder Plus-Minus-Variabilität

1) Mit Individuum 3 etc. sei der Kürze halber ein Individuum mit der Schnabellänge 3 etc. bezeichnet.

2) Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, daß „Tendenz“ hier nicht in einem teleologischen Sinne gemeint ist.

vorhanden, indem die Schnabellängen der Individuen jeder Generation nach beiden Seiten von denjenigen der Eltern schwanken, aber so, daß ihr Wert im Durchschnitt stets dem der zugehörigen Eltern gleich ist. Und ferner sind die Durchschnittswerte aller Schnäbel der parallelen Generationen den Durchschnittswerten der Schnäbel der entsprechenden Eltern gleich.

Noch ausgesprochener als in Fig. 2 wäre die fortschreitende Variabilität, wenn sie sich so äußerte, wie in Fig. 3 veranschaulicht ist, wenn nämlich nur die Nachkommen von Individuum 3 jeweils nach beiden Seiten variierten, wie es schon in der vorhergehenden Generation geschehen war; während Individuum 2 der zweiten Generation, das gegenüber seinen Eltern schon eine Tendenz zur Verkleinerung des Schnabels zeigte, nur noch Nachkommen mit gleichkurzen oder kürzeren Schnäbeln erzeugte, so wie Individuum 4 nur noch solche mit gleichlangen oder längeren. Wir wollen ein derartiges Verhalten Variabilität III nennen.

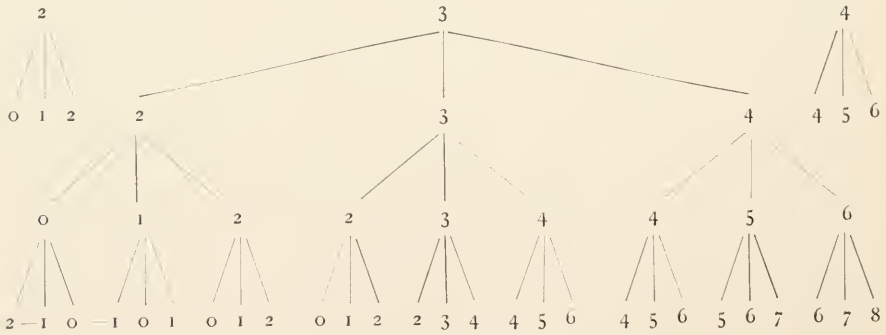


Fig. 3.

Auch bei diesem Beispiel kann man neben der fortschreitenden Variabilität noch eine „fluktuierende“ oder „Plus-Minus-Variabilität“ auffinden, indem sich für die Gesamtheit aller parallelen Generationen stets dieselbe durchschnittliche Schnabellänge ergibt.

Der höchste Grad von fortschreitender Variabilität wäre endlich der, bei welchem die fortschreitenden Änderungen anstatt nach zwei Richtungen, wie im vorhergehenden Falle (Verkürzung und Verlängerung des Schnabels), nur oder doch vorwiegend nur nach einer

Richtung hin stattfänden, indem die Individuen der späteren Generationen ausnahmslos oder doch vorwiegend nur längere oder kürzere Schnäbel hätten als ihre Aszendenten. Eine solche Variabilität IV könnte man wohl als eine „bestimmt gerichtete“ bezeichnen (vgl. Figur 4 *a* und *b*).

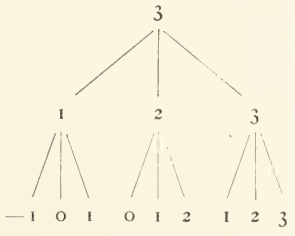


Fig. 4 *a*.

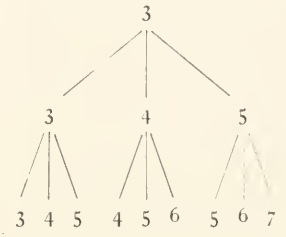


Fig. 4 *b*.

Zeigt eine Organismenart nur das Verhalten von Fig. 4 *b* oder 4 *a*, so besteht jetzt für die gleichalterigen Individuen keine fluktuierende oder Plus-Minus-Variabilität mehr, insofern als die Durchschnittswerte der Schnabellängen einer Generation sowie der parallelen Generationen sich stets fortschreitend verändern im Vergleich zu den durchschnittlichen Schnabellängen der zugehörigen Eltern.

Endlich wäre noch der Mutation zu gedenken. Das Charakteristische derselben besteht, wie schon in der synonymen Bezeichnung der „sprungweisen“ Variabilität ausgedrückt ist, darin, daß die „Mutanten“ nicht nur minimale, sondern recht ansehnliche Differenzen gegenüber den Eltern zeigen; Differenzen, die ferner dadurch ausgezeichnet sind, daß sie nicht nur in der weiteren Ausbildung schon vorhandener, sondern auch in dem Auftreten ganz neuer Merkmale bestehen, daß sie ferner durchaus nicht immer für das Individuum nützlich sind und daß sie auf die Nachkommen übergehen.

Diese „Mutabilität“ muß man als eine fortschreitende Variabilität bezeichnen, sobald man mit De Vries die Annahme macht, daß von Zeit zu Zeit, nämlich in den „Mutationsperioden“, die Arten ihre Konstanz verlieren und durch sprungweise Variationen sich zu immer neuen Formen entwickeln. Freilich ist diese „fortschrittliche

Tendenz" der Mutabilität vorläufig noch eine jeden Beweises ermangelnde Hypothese.

Die vorstehende Darstellung der Variabilität soll nur vereinfachte Schemata geben. Welche immer von den besprochenen vier Arten der Variabilität in der Natur verwirklicht sein mag, gewiß wird sich keine von ihnen ohne Modifikation der Schemata tatsächlich vorfinden. Um nur einiges anzuführen, so werden selbstverständlich nicht jene strengen Regelmäßigkeiten und gleichbleibenden Zahlenverhältnisse zu erwarten sein, es werden die Schnäbel nicht ohne gleichzeitige Änderungen anderer Teile des Kopfes etc. variieren, sie werden neben den Längenänderungen zugleich auch noch sonstige Änderungen erleiden, sie werden sich ferner nicht unbegrenzt verlängern können usw. Aus diesen Gründen darf man überhaupt nicht von einer „unbegrenzten" Variabilität reden, wie es häufig geschehen ist. Gäbe es eine solche, so müßte man aus einer derartig veranlagten Organismenart doch jede beliebige andere Form herauszuzüchten imstande sein.

Vorkommen der verschiedenen Arten der Variabilität.

Hinsichtlich des Vorkommens der verschiedenen Arten der Variabilität ist es, wie schon angedeutet wurde, unzweifelhaft, daß es eine fortschreitende Variabilität[1]) im Sinne obiger Definitionen gibt. Denn aus einer Organismenspezies mit nicht fortschreitender Variabilität wäre auf keine Weise, weder durch künstliche noch durch natürliche Auslese, eine phylogenetisch erheblich jüngere, neue Art herauszuzüchten, wie z. B. aus irgend einem Fisch ein Reptil; eine solche Art ohne fortschreitende Variabilität müßte innerhalb der Grenzen der „fluktuierenden" Variabilität oder auch Mutabilität relativ konstant bleiben. Denn man wird doch nicht annehmen wollen, daß ein Ei, welches für sich allein, falls es sich parthenogonisch entwickeln könnte, keine fortschreitende Variabilität besäße, eine solche gewinne durch die Befruchtung mittels eines ebenfalls an sich nicht fortschreitend variablen Spermatozoons.

1) Über das Vorkommen einer nicht-fortschreitenden Variabilität s. unten S. 41 f.

Zwar hat man wohl das Zustandekommen neuer Formen auf die Kreuzung erheblich voneinander abweichender Individuen, besonders auf Bastardierung, zurückgeführt. Doch entstehen auf diese Weise, wie auch De Vries auf Grund tatsächlicher Erfahrungen betont, keine derartigen Produkte, welche als Ausgangspunkte für neue Entwicklungszweige dienen könnten, da die Nachkommen (Bastarde), wenn sie nicht einem der Eltern nachschlagen, Mittelformen zwischen beiden anzunehmen pflegen, die in ihrer Weiterentwicklung aus dem Formenkreis der Eltern kaum heraustreten dürften.

Es liegt demnach nahe, aus der Möglichkeit der künstlichen Züchtung und aus der Tatsache der Stammesentwicklung auf die Existenz einer fortschreitenden Variabilität der meisten Organismenarten zu schließen. Hierbei ist selbstverständlich noch zu beachten, daß die Variabilität nicht nur einen einzigen Körperteil, ein einzelnes Organ, oder eine einzelne Funktion betrifft, daß sie vielmehr auch hinsichtlich der Zahl der veränderlichen morphologischen und physiologischen Eigenschaften sehr mannigfaltig und vielseitig sein kann.

Ob alle vier Arten der fortschreitenden Variabilität wirklich vorkommen, ist nach den bisherigen Erfahrungen wohl noch nicht zu entscheiden. Besonders hierauf gerichtete Untersuchungen wären gewiß wünschenswert. Am häufigsten dürfte vielleicht die erste und zweite Art der fortschreitenden Variabilität, also Variabilität II und III sich finden, was man wohl besonders aus den Erfahrungen der Züchter entnehmen kann. Denn wir haben auch hier die nächstliegende Annahme zu machen, daß die fortschreitenden Änderungen, welche die Generationen der Kreuzungsprodukte zeigen, schon in den zur Paarung gelangten einzelnen Individuen begründet waren. Dann muß aber die fortschreitende Variabilität dieser Tiere sehr umfangreich sein; denn die Züchter bezeichnen „die Organisation eines Tieres als etwas Bildsames, das sie fast nach ihrem Belieben formen können“ (vergl. Darwin, l. c. Kap. I, S. 57). Youatt, ein hervorragender Tierkenner, findet die Abänderungsfähigkeit von Haustieren so groß, daß der Züchter „jede von ihm gewünschte Form und Art ins Leben rufen könne“. Diese Aussprüche sind offenbar nicht wörtlich zu nehmen, weisen aber auf eine äußerst vielseitige fortschreitende

Variabilität hin. Eine bestimmtere Vorstellung von einer solchen gibt uns Darwin in seiner Darstellung der Verschiedenheiten der Taubenrassen, die bekanntlich nach allgemeiner Ansicht der Zoologen von ein und derselben Urform, der Felstaube (Columba livia), abstammen. Darwin sagt über diese Varietäten der Tauben folgendes:

„Man vergleiche die englische Brieftaube mit der kurzstirnigen Purzeltaube und betrachte die wundervolle Verschiedenheit der Schnäbel, die entsprechende Schädelverschiedenheiten bedingen. Die englische Brieftaube, besonders das Männchen, ist auch bemerkenswert durch die wundervolle Entwicklung der Fleischlappen an der Kopfhaut; dies wird von stark verlängerten Augenlidern, sehr weiten äußeren Nasenlöchern und einem weit offenen Mund begleitet. Die kurzstirnige Purzeltaube hat einen Schnabel, der im Profil dem des Finken gleicht; und die gewöhnliche Purzeltaube hat die eigentümliche erbliche Gewohnheit, in dichter Menge hoch in die Luft zu fliegen und dann kopfüber herabzupurzeln. Die Runttaube ist recht groß und hat einen langen massiven Schnabel und große Füße; einige ihrer Unterrassen haben einen sehr langen Hals, andere wieder lange Schwingen und Schwanz, wieder andere einen eigentümlich kurzen Schwanz. Die Berbertaube ist mit der Brieftaube verwandt, hat aber statt des langen Schnabels einen sehr kurzen und breiten. Die Kropftaube hat Körper, Flügel und Beine stark verlängert; ihr enorm entwickelter Kropf, den sie gerne aufbläht, mag wohl Erstaunen und selbst Gelächter hervorrufen. Die Möventaube hat einen kurzen kegelförmigen Schnabel und eine Reihe umgewendeter Federn auf der Brust; sie pflegt den oberen Teil des Schlundes ein wenig auszudehnen. Die Perückentaube hat die Federn auf dem Nacken perückenartig aufgerichtet und auch im Verhältnis zu ihrer Größe lange Schwung- und Schwanzfedern. Die Trompeten- und die Lachtaube rucksen — wie schon ihre Namen besagen — ganz anders als die anderen Rassen. Die Pfauentaube hat 30—40, statt der normalen 12—14 Schwanzfedern. Sie hat die Federn derart ausgebreitet und aufgerichtet, daß bei guten Vögeln Kopf und Schwanz sich berühren. Ihre Öldrüse ist ganz verkümmert. Noch bleiben einige minder ausgezeichnete Rassen anzuführen übrig.

Im Skelett der verschiedenen Rassen weicht die Entwicklung der Gesichtsknochen in Länge, Breite und Krümmung bedeutend ab. Die Form, wie auch Breite und Länge des Unterkieferastes variieren in recht merkwürdiger Weise. Die Schwanz- und Heiligenbeinwirbel ändern sich in der Zahl, ebenso die Rippen und die verhältnismäßige Breite und Anwesenheit ihrer Querfortsätze. Größe und Form der Lücken im Brustbein sind sehr veränderlich; dasselbe gilt von dem Öffnungswinkel und der relativen Größe der zwei Schenkel des Gabelbeines. Die verhältnismäßige Weite des Mundspaltes, die verhältnismäßige Länge der Lider, der äußeren Nasenlöcher, der Zunge (die nicht immer nach der Schnabellänge sich richtet), die Größe des Kropfes und des oberen Teiles des Schlundes, die Entwicklung und Verkümmerung der Öldrüse, die Zahl der ersten Schwung- und Schwanzfedern, die relative Länge von Flügeln und Schwanz gegeneinander und gegen die Körperlänge, die relative Länge von Bein und Fuß, die Zahl der Hornschuppen an den Zehen und die Entwicklung der Haut zwischen letzteren — das alles sind abänderungsfähige Punkte der Struktur. Die Periode der vollkommenen Befiederung variiert ebenso, wie die Beschaffenheit des Flaums, womit die Nestlinge beim Ausschlüpfen bekleidet sind. Form und Größe der Eier wechseln. Die Flugart, und bei manchen Rassen Stimme und Gemütsart, sind merkwürdig verschieden. Endlich weichen auch bei einigen Rassen Männchen und Weibchen etwas voneinander ab". (Darwin, l. c. S. 46 ff.).

Im Gegensatz zu der zweifellos häufig vorkommenden weitgehenden, nach ihren Grenzen durchaus nicht zu bestimmenden, fortschreitenden Variabilität, wie wir sie soeben mit Darwins Worten charakterisiert haben, kommt aber offenbar nicht selten auch eine viel weniger und vielleicht auch eine gar nicht fortschreitende Variabilität vor. Das kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit schon aus der Tatsache der sehr verschiedenen Veränderlichkeit bezw. Konstanz der einzelnen Organismenarten entnehmen.

Daß Organismen, die wie viele Protisten vermutlich seit unermeßlichen Zeiten keine erhebliche phyletische Fortentwicklung erfahren haben, eine viel geringere Variabilität besitzen, als die frühesten

Stammformen unserer heutigen höchstorganisierten Lebewesen, das ist doch recht verständlich. Wir können wohl aus dem natürlichen Stammbaum der Organismen, wenn dieser auch in vielen Punkten noch hypothetisch ist, doch schon einigermaßen herauslesen, daß die Variabilität an verschiedenen Stellen desselben und zu verschiedenen Zeiten eine recht verschiedene war. Ganz allgemein darf man sich wohl vorstellen, daß sie an dem Ausgangspunkte der Stammesentwicklung eine umfangreichere war, als in den Ästen des Stammbaumes, und daß sie in den Punkten, wo sich der letztere verzweigt, und in den Anfangsteilen der Zweige größer war, als an den ungeteilt bleibenden Endpunkten derselben. In den seit den ältesten Zeiten ziemlich konstanten „konservativen" Arten (vgl. auch S. 168 u. 234) ist vielleicht schon früh an die Stelle einer fortschreitenden Variabilität eine nicht-fortschreitende getreten, deren Vorkommen in konsequenter Form aber wohl selten sein dürfte.

Auch eine Anzahl von Tatsachen aus dem Gebiete der Pflanzenzüchtung weist darauf hin, daß neben der weitgehend fortschreitenden Variabilität doch auch mehr oder minder geringe Grade einer solchen vorkommen:

Man hat gefunden, daß bei der künstlichen Züchtung das in einer bestimmten Entwicklungsrichtung erzielbare Maximum häufig schon nach wenigen Generationen erreicht wird, worauf dann ein Stehenbleiben der betreffenden Pflanzenform auf dem erreichten Punkte eintritt, wofern sich nicht sogar, was leicht beim Nachlassen der Auslese stattfindet, wieder ein Rückschritt geltend macht. Und ferner kommt es vor, wie das Galtonsche „Regressionsgesetz" aussagt, daß Individuen einer Art, die in einer bestimmten Richtung erheblich variiert haben, Nachkommen erzeugen, die zwar auch in derselben Richtung von der Stammform abweichen, aber in geringerem Maße, so daß trotz Auslese die Deszendenten sich mehr und mehr der letzteren wieder nähern. Endlich hat man gefunden, daß z. B. die nach verschiedenen Richtungen variierenden Nachkommen einer Bohne keineswegs nun ihrerseits einen entsprechend verschiedenen, sondern vielmehr alle den gleichen Nachwuchs lieferten.

Es sei hier sogleich eine Anschauung zurückgewiesen, zu welcher die einseitigen Verfechter der Mutationstheorie durch die eben angeführten Tatsachen veranlaßt worden sind; sie haben nämlich die Behauptung aufgestellt, daß die Variabilität, unter Mitwirkung der Selektion, zur Erklärung der phylogenetischen Entwicklung nicht ausreiche, und daß folglich als artbildender Faktor nur die Mutabilität in Betracht kommen könne (Miehe S. 31).

Sehen wir zunächst von der angeblichen Rolle der Mutabilität[1]) ganz ab, so erscheint mir die erwähnte Beurteilung der Variabilität in zwiefacher Hinsicht verfehlt:

Erstens darf man aus dem Vorhandensein etlicher Fälle von nicht oder nur kurze Zeit fortschreitender Variabilität doch keineswegs das Fehlen einer dauernd fortschreitenden Variabilität folgern. Vielmehr sind nach dem oben Gesagten, entsprechend den verschiedenen Kategorieen der Variabilität, auch wenig oder gar nicht fortschreitend variierende Organismenarten zu erwarten; wir sahen ja, daß nur denjenigen Organismen eine größere Variabilität zukommt, die den Verzweigungspunkten und den Anfangsteilen der Äste des phylogenetischen Stammbaumes angehören; viele Arten aber, nämlich die früh konstant gewordenen, haben niemals solche Plätze eingenommen, und viele tun dies gewiß auch heute nicht. Wenn daher das teilweise Fehlen einer fortschreitenden Variabilität durchaus nicht bestritten werden darf, so ist es doch vollständig unberechtigt, hieraus entgegen den obigen triftigen Gründen (vgl. S. 33 u. 38) auf ein völliges Fehlen der letzteren zu schließen; zumal ja, wie wir nachher sehen werden, die Mutabilität für sich allein zur Erklärung des phyletischen Fortschritts ganz unzureichend ist (vgl. S. 45).

Zweitens aber dürfte es gar nicht immer leicht sein, eine sichere Diagnose auf nicht fortschreitende Variabilität zu stellen. Und gerade die Ergebnisse der künstlichen Züchtung, die hierfür herangezogen worden sind, können meines Erachtens leicht irre führen, indem vielleicht durch das Eingreifen des Züchters eine wirklich vorhandene weitgehend fortschreitende Variabilität verhindert wird, sich zu äußern:

1) Über diese siehe S. 45.

Der Züchter wählt ja die Individuen nur nach einer bestimmten Eigenschaft oder nach einem bestimmten Komplex von solchen aus, wobei es aber fraglich ist, ob er gerade eine etwa vorhandene fortschreitend variable Eigenschaft getroffen hat und ob die betreffende Eigenschaft sich bei den ausgewählten Individuen gerade in Gesellschaft solcher (mehr oder minder wahrnehmbarer) anderer Eigenschaften befindet, welche die fortschreitende Entwicklung der zur Züchtung ausersehenen frei zur Entfaltung gelangen lassen. Denn es sind bekanntlich manche Eigenschaften eines Organismus in besonders hohem Grade voneinander abhängig, so daß sich nicht eine einzelne von ihnen weitgehend entwickeln kann, wenn nicht die anderen gleichen Schritt halten. So müssen sich z. B. gleichzeitig mit dem Schnabel eines Vogels die angrenzenden Teile des Kopfes vergrößern usw. Nun könnte es sehr wohl sein, daß bei Individuen, die zur künstlichen Züchtung ausgesucht wurden, häufig nicht alle jene aufeinander angewiesenen Teile eine gleichstark fortschreitende Variabilität hätten, und daß die weniger progressiven die mehr fortschrittlichen in ihrer Entwicklung hemmten.

In dieser Hinsicht sind die im Naturzustande befindlichen Organismen, also auch die der Naturzüchtung unterworfenen, viel vorteilhafter gestellt, da hier im allgemeinen jede Kombination variabler Eigenschaften ihre Variationsrichtung frei äußern kann und dabei im günstigen Falle noch durch die natürliche Selektion unterstützt wird. Die letztere verfährt, wie leicht zu erkennen ist, viel weniger einseitig als die künstliche Zuchtwahl, indem sie nicht nur ein einziges Merkmal züchtet, sondern mehrere günstig variierende Eigenschaften zusammen nimmt, und sich so stets eine ziemlich breite Basis für eine progressive Entwicklung schafft. Daher kann im allgemeinen wohl auch die Natur nicht die von der künstlichen Züchtung begonnene Arbeit fortsetzen und umgekehrt. Es ist also nicht überraschend, wenn, wie oben erwähnt wurde (S. 42), nach Unterbrechung der künstlichen Auslese ihre Resultate häufig wieder zurückgehen.

Endlich dürfen wir, was auch noch besonders betont sei, von manchen Merkmalen überhaupt von vornherein nicht erwarten, daß sie sich immer weiter fortentwickeln. Wenn z. B. der Zuckergehalt

der Zuckerrübe sich nicht über eine bestimmte Grenze hinüber bringen läßt, so scheint mir dies kaum viel überraschender, als daß eine bestimmte Flüssigkeit nur ein bestimmtes Maximalquantum eines Salzes aufzulösen vermag. So extreme Ergebnisse, wie sie die einseitigen Verfechter der Mutationstheorie von der künstlichen Selektion verlangen, ist die Mutation doch erst recht nicht zu liefern imstande.

Betrachten wir im Vergleich zu dem wahrscheinlich sehr häufigen Vorkommen der fortschreitenden Variabilität dasjenige der Mutabilität, so scheint dies nach den übereinstimmenden Angaben der Autoren ein sehr beschränktes zu sein. Daher würde die Bedeutung der Mutation für die Frage der Artbildung auch dann wohl keine erhebliche sein, wenn die Hypothese von De Vries zuträfe, daß die verschiedenen Organismenarten von Zeit zu Zeit „Mutationsperioden" erleben, die sie jedesmal in der phylètischen Entwicklung um einen Sprung weiter bringen (S. 37 f.).

Bedeutung der Variabilität für die Phylogenie. Rolle der Selektion im allgemeinen.

Wir wollen uns nun zu der wichtigen Frage wenden, welche Bedeutung die verschiedenen oben charakterisierten Arten der Variabilität wohl für das Zustandekommen der phylogenetischen Entwicklung haben. Im besonderen ist zu untersuchen, ob eine Phylogenie auch allein auf Grund einer fortschreitenden Variabilität möglich ist; oder ob neben letzterer noch andere Faktoren, vor allem eine Selektion, erforderlich sind, und welche Rolle die letztere in dem einen wie im anderen Falle neben der fortschreitenden Variabilität zu spielen berufen wäre.

Untersuchen wir in der genannten Hinsicht die verschiedenen Arten der Variabilität, zunächst ganz abgesehen von ihren Ursachen (über diese siehe S. 49 ff.), so haben wir zunächst noch einmal festzustellen, daß nur eine fortschreitende Variabilität überhaupt eine phylogenetische Entwicklung ermöglicht. Doch werden die verschie-

denen Arten der fortschreitenden Variabilität hinsichtlich der aufgeworfenen Frage sich recht verschieden verhalten:

Schon eine fortschreitende Variabilität nach Art der Variabilität II (vergl. S. 35) muß unter gewissen Umständen eine phylogenetische Entwicklung und zwar nach verschiedenen Richtungen herbeiführen; nämlich bei solchen Organismen, die keine Amphimixis, im besonderen keine geschlechtliche Fortpflanzung haben, also entgegengesetzte Variationsrichtungen nicht durch Panmixie (Weismann) kompensieren. Das läßt sich an dem Schema der Fig. 2 durch eine einfache Berechnung dartun. Eine fortschreitende Entwicklung einer Vogelart in bezug auf die Dimensionen der Schnäbel wird nämlich dann stattfinden, wenn diejenigen Deszendenten, welche zunehmend kleinere oder größere Schnäbel haben als ihre Eltern und Vorfahren, prozentual immer zahlreicher werden als diejenigen, welche die Schnabellänge der Stammeltern beibehalten[1]). In dem gedachten Beispiel sind aber solche stetig wachsende „Pluralvariationen" in der Tat vorhanden: Die zweite Deszendentengeneration zeigt in dem Schema zwei Individuen, die einen längeren (5) bezw. kürzeren (1) Schnabel besitzen, als die sieben anderen Individuen mit den stammelterlichen Schnabellängen 2, 3, 4; hier haben wir also 22,2 % von den Eltern abweichende Individuen[2]). Lassen wir diese Generation wieder in derselben Weise sich vermehren, so erhalten wir jetzt in der dritten Deszendentengeneration acht Individuen mit den fortgeschrittenen Schnabellängen 0, 1, 5, 6 gegen 19 Individuen mit elterlichen Schnäbeln, also schon 29,6 % phyletisch fortgeschrittene Individuen. In den nächsten Generationen ergeben sich dann für die letzteren 39,5 %, 52,6 %, 70,1 % usw. Setzen wir für alle diese verschiedenen Individuen gleiche Erhaltungsfähigkeit voraus, und berücksichtigen wir ferner, daß die fortschreitende Variabilität sich nicht nur auf eine einzige Eigenschaft bezieht (vergl. S. 38), so werden wir auf dem angedeuteten Wege eine nach verschiedenen Richtungen

1) In solchen Fällen würden, da infolge von „Situationsnachteilen" stets eine gewisse Anzahl von Individuen zugrunde geht, nach dem Wahrscheinlichkeitsgesetz die nicht fortschreitend variablen Individuen allmählich ausgerottet werden.

2) Die phyletisch fortschreitenden Individuen vermehren sich im Verhältnis zu den konstant bleibenden wie 4 : 3.

fortschreitende phyletische Entwicklung mit Herausbildung mehrerer verschiedener Arten etc. zu erwarten haben. Es steht daher nichts im Wege, auch für manche der heute lebenden nicht geschlechtlich sich fortpflanzenden Organismen, z. B. für die Bakterien, anzunehmen, daß sie allein vermöge der fortschreitenden Variabilität erster Art (Variabilität II) ohne Mitwirkung anderer fortschrittlich wirkender Faktoren, also auch ohne Eingreifen der Selektion, eine phyletische Entwicklung erfahren könnten. Einen derartigen Modus der Stammesentwicklung wird man vor allem auch für die Urorganismen, die aller Wahrscheinlichkeit nach sich nur ungeschlechtlich vermehrten, vermuten dürfen, zumal wenn man bedenkt, daß hier die Bedingungen für eine Selektion wohl nicht günstig waren (vergl. Claus S. 185).

Bei Organismen mit Amphimixis, speziell mit geschlechtlicher Fortpflanzung oder Amphigonie, werden nun freilich, wenn nicht irgend welche anderen Faktoren dies verhindern, die verschiedenen Entwicklungsrichtungen sich mehr oder weniger kompensieren, indem aus der Vermischung (Panmixie) von Kurz- und Langschnäbeln immer wieder die mittlere Schnabellänge resultiert. Ob freilich die Panmixie so vollständig ist, daß auf diese Weise keine fortschreitenden Änderungen sich entfalten können, das wäre noch die Frage. Zudem scheint nicht selten bei der geschlechtlichen Zeugung die progressive Variabilität eines Elters das Übergewicht zu gewinnen (vergl. Moll S. 226). Ein solches Übergewicht könnte selbstverständlich auch dadurch zustande kommen, daß die in der einen Richtung, z. B. derjenigen der längeren Schnäbel, variierenden Individuen stets zahlreicher sind, als die übrigen Varianten. Im allgemeinen aber wird vielleicht bei höheren Organismen, sofern diese nur eine (fortschreitende) Variabilität II besitzen, eine phyletische Entwicklung nicht ohne weiteres zustande kommen. Hiernach würde also die Variabilität II nur unter Mithilfe der Selektion zur phyletischen Entwicklung führen, indem sie z. B. die Individuen mit kurzen und mittellangen Schnäbeln eliminiert. Es sei aber nochmals hervorgehoben, daß die Selektion die Möglichkeit dieses Erfolges der charakterisierten zwiefachen Variabilität der einzelnen Individuen

verdankt, indem diese einerseits im Vergleich zu ihren gleichartigen Zeitgenossen fluktuierend variieren, andererseits gegenüber ihren Eltern und Vorfahren fortschreitende Änderungen aufweisen.

Im wesentlichen dasselbe wie für die (fortschreitende) Variabilität II gilt auch für die (fortschreitende) Variabilität III, nur daß hier unter entsprechenden Bedingungen (ungeschlechtliche Fortpflanzung oder Selektion) die phyletischen Änderungen noch rascher fortschreiten werden. Denn es werden hier in der ersten Deszendentengeneration schon 44 % Individuen mit fortgeschrittenen Schnabellängen auftreten, in der nächsten Generation bereits 74,1 % usw.

Erheblich abweichend vom bisherigen ist die Rolle, welche wir der (fortschreitenden) Variabilität IV in der Phylogenie zuerkennen müssen. Zwar ist der Prozentsatz der fortschrittlichen Individuen derselbe wie im Falle der Variabilität III. Da aber hier nicht eine Variabilität in zwiefacher gegensätzlicher Richtung, nämlich im Sinne einer Verlängerung und Verkürzung der Schnäbel obwaltet, so können jetzt auch durch eine etwaige Panmixie die fortschreitenden Änderungen nicht aufgehoben werden. Eine fortschreitende Variabilität dieser Art muß also auch bei Organismen mit Amphimixis, im besonderen mit Amphigonie, ohne Selektion in der Regel eine phyletische Entwicklung herbeiführen.

Demnach möchte ich die Bedeutung der Selektion für die Artbildung vorläufig ganz allgemein etwa folgendermaßen beurteilen:

Offenbar können vermöge der fortschreitenden Variabilität recht umfangreiche phyletische Änderungen der Organismen auch ohne Selektion stattfinden. In dieser Weise wirkt die Variabilität II, III und IV bei Organismen ohne Amphimixis, die Variabilität IV aber auch bei allen Organismen mit Amphimixis. Daß bei den gedachten Wirkungen der fortschreitenden Variabilität die Mutabilität eine besondere Rolle spiele, scheint mir in Anbetracht ihres seltenen Vorkommens und der geringen Fruchtbarkeit der Mutanten recht unwahrscheinlich. Ganz abgesehen davon, daß ihr fortschreitender Charakter vorläufig noch rein hypothetisch ist (vgl. oben S. 37 f.).

Wie bei der Phylogenese, im besonderen beim Zustandekommen der komplizierteren Organismen, und zwar vor allem ihrer sekundärzweckmäßigen Einrichtungen oder Anpassungen, die fortschreitende Variabilität und Selektion zusammenwirken, auf diese Frage wird erst später eingegangen werden (S. 211 ff.).

Die Ursachen der fortschreitenden Variabilität.

Wenden wir uns zu der wichtigen Frage der Ursachen der verschiedenen Arten der Variabilität. Man unterscheidet bekanntlich im allgemeinen eine Variabilität aus inneren und eine solche aus äußeren Gründen, eine entogene und eine ektogene Variabilität; das gilt sowohl für die fortschreitende als auch für die nichtfortschreitende. Wir wollen uns hier zunächst auf die fortschreitende, als die wichtigere, beschränken.

Als Vertreter der Annahme einer entogenen fortschreitenden Variabilität kann man diejenigen Autoren ansehen, welche eine phyletische Entwicklung hauptsächlich aus inneren Ursachen, also eine Autogenese annehmen (vergl. oben S. 19).

Gegenüber dieser Autogenese stellt sich die Mehrzahl der heutigen Biologen auf einen auffallend einseitigen Standpunkt, indem sie ohne weiteres annehmen, daß diese nur durch ein teleologisches Prinzip nach der Art des Nägelischen „Vervollkommnungsprinzipes“ möglich sei. So kommt es, daß alle Gegner teleologischer, überhaupt vitalistischer Anschauungen die Vorstellung einer Autogenese ablehnen. Claus (S. 186) setzt die Entwicklung aus „inneren Ursachen“ und die „bestimmt gerichtete“ Variation dem berüchtigten „Bildungstrieb“ gleich. Von Plate wird die Annahme „innerer Bildungsgesetze“, „innerer Direktiven“ und dergl. für unwissenschaftlich und mystisch erklärt (S. 118). Weismann weist die Vorstellung eines inneren Prinzipes der phylogenetischen Entwicklung deshalb zurück, weil ein solches ohne die Annahme einer prästabilierten Harmonie zwischen Organismen und Außenwelt die Anpassungen nicht erklären könne; auf diese müsse aber in besonderem Maße Rücksicht genommen werden, „da der ganze Bau aller Arten uns zeige, daß sie sozusagen

ganz aus Anpassungen zusammengesetzt sind" (b, Bd. II, S. 349). Für Günther (S. 341) ist eine „bestimmt gerichtete Variabilität aus inneren Gründen" eo ipso etwas Teleologisches. Es scheint kaum die Möglichkeit einer nicht-teleologischen Auffassung der Autogenese erwogen worden zu sein.

Im Hinblick auf diese Anschauungen überrascht es, daß man eine „universelle Variabilität aus inneren Gründen" fast selbstverständlich zu finden scheint (vergl. Günther S. 122); sie wird wohl ziemlich allgemein angenommen, und nur von vereinzelten Autoren, wie z. B. Darwin, wird auf ihre derzeitige Unerklärbarkeit hingewiesen.

Es ist ja nicht zu leugnen, daß die Anschauungen, die bis jetzt über die Autogenese geäußert wurden, ganz vorwiegend einen teleologischen Charakter hatten, wie die schon genannte Nägelische Vervollkommnungstheorie, welcher in etwas veränderter Form auch O. Hertwig in seinem „Gesetz der Progression" beipflichtet (b, S. 597 f.). Zwar hat Weismann mit seiner Hypothese der „Germinalselektion" den Versuch gemacht, ohne teleologische Hilfsmittel ein inneres Prinzip zu finden, welches etwa als Grundlage einer Autogenese dienen könnte; einerseits aber schränkt Weismann die Bedeutung dieser „selbständig entstandenen Keimesabänderungen" sehr ein (b, Bd. II, S. 435), andererseits bietet die Erklärung der letzteren mit Hilfe der Germinalselektion so viele Schwierigkeiten, daß man der ablehnenden Kritik von Plate und Günther (siehe oben S. 11 u. 20) entschieden beistimmen muß. Nicht minder unbefriedigend, weil von dem Boden unserer exakt-naturwissenschaftlichen Anschauungen sich weit entfernend, finde ich die bezüglichen Vorstellungen von De Vries, wie z. B. seinen Begriff der „physiologischen" oder „Erblichkeitseinheiten", welchem auch Günther eine strenge Kritik gewidmet hat (l. c. S. 336 ff.).

Wenn somit aber auch die bisherigen Versuche einer näheren Charakterisierung der „inneren Gesetze", nach denen eine Autogenese geschehen könnte, durchaus nicht ansprechen, so halte ich doch die prinzipielle Zurückweisung solcher inneren Gesetze keineswegs für gerechtfertigt. Denn der Begriff der inneren Bildungsgesetze, die wir für eine große Menge auch anorganischer Naturvor-

gänge annehmen — sie gelten überhaupt für alle Vorgänge in relativ abgeschlossenen materiellen Systemen —, enthält an sich durchaus nichts Mystisches. An was für Gesetze wir hier etwa denken können, wenn wir uns streng an die Anschauungen der exakten Naturwissenschaft halten, davon soll später die Rede sein.

Mehr Anhänger als die Autogenesis besitzt die Ansicht einer ektogenen fortschreitenden Variabilität, wenn wir ihre Verfechter mit denjenigen einer durch äußere Faktoren bewirkten phyletischen Entwicklung identifizieren dürfen, was im allgemeinen wohl zulässig ist. Eine solche „Orthogenesis" (Eimer, Plate u. A.) setzt eine Vererbung „erworbener", im besonderen „somatogener" Eigenschaften, „funktioneller Abänderungen" oder „direkter Anpassungen" voraus (vergl. S. 23 ff.). Von Einflüssen, die eine solche direkte Anpassung der Organismen bedingen, kommen hauptsächlich diejenigen des Klimas, der Ernährung und des Gebrauches oder Nichtgebrauches von Organen in Betracht. Diese Einflüsse sollen nach der üblichen Anschauung nicht nur das von ihnen betroffene „Soma", sondern auch seine Fortpflanzungszellen entsprechend verändern, so daß ihre Wirkungen in der betreffenden Organismenreihe bleibende werden.

Unter den Vertretern der Orthogenesis gibt es bekanntlich verschiedene Richtungen, je nach der Rolle, die sie jener im Vergleich zur Selektion als Artbildungsfaktor zuerteilen. Lamarck, Eimer u. A. lassen ausschließlich die Orthogenesis gelten, andere, besonders die Neo-Lamarckisten, wie Spencer, von Wettstein u. A. beanspruchen für das orthogenetische Prinzip etwa Gleichwertigkeit mit dem Selektionsprinzip; während endlich Darwin, Haeckel u. A., den Lamarckschen Prinzipien nur eine untergeordnete Rolle neben dem Selektionsprinzip zuerkennen.

Für die Beurteilung der angeblich ektogenetischen fortschreitenden Variabilität können wir uns auf die obige Kritik des Lamarckismus und Neo-Lamarckismus berufen (S. 20 ff.). Danach ist der Anteil der äußeren Faktoren an der fortschreitenden Variabilität der höheren, aus Soma und Keimsubstanz bestehenden Organismen ein ganz untergeordneter, indem die phylogenetische Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz nicht in nennenswerter Weise durch die Außen-

welt beeinflußt wird (siehe hierüber auch später S. 98 ff.). Und selbst bei den Einzelligen, bei denen Soma und Keimsubstanz noch zusammenfallen, werden doch, wie sich aus der Kritik des Lamarckismus ergibt (S. 20 ff.), die äußeren Faktoren durch die charakteristische fundamentale Entwicklungsfähigkeit des lebendigen Systems sehr in den Schatten gestellt; obschon man ihnen selbstverständlich einen integrierenden Anteil an der Erhaltung der organischen Entwicklungsfähigkeit und an dem Zustandekommen der Entwicklung zuerkennen muß.

Mit diesem Hinweis wollen wir die Frage der ektogenetischen fortschreitenden Variabilität auf sich beruhen lassen und das, was sich über die Ursachen der fortschreitenden Variabilität im allgemeinen ergeben hat, folgendermaßen zusammenfassen: Da die zweifellos existierende, als Vorbedingung einer phyletischen Entwicklung der Organismen unerläßliche, fortschreitende Variabilität offenbar nur zu einem geringen Teil auf äußeren Ursachen beruht, so muß sie vorwiegend innere, in den Organismen selbst gelegene, Gründe haben. Diese inneren Gründe der Entwicklung, über die man bis jetzt nur wenig Befriedigendes hat vorbringen können, werden ein Hauptgegenstand der nachfolgenden Untersuchung sein.

Zur Physiologie der Vererbung.

Die Tatsachen und Theorieen der Vererbung machen einen so bedeutenden Teil der Entwicklungslehre aus, daß jede umfassende Entwicklungstheorie bestrebt sein muß, auf sie in besonderem Maße Rücksicht zu nehmen. So finden wir denn auch, daß diesem Gegenstande, zumal seit Darwin, eine große Aufmerksamkeit geschenkt wird. Wir finden aber auch, daß sich gerade auf diesem Gebiete ein Schematismus und eine Spekulationsfreudigkeit entwickelt haben, die ohne gründliche theoretische Umwälzungen einen Anschluß der modernen Vererbungslehren an die exakten Disziplinen der Biologie nicht mehr zulassen.

Diese modernen Vererbungslehren wird man am zutreffendsten als micellar-bioblastisch-idioblastische oder kürzer als bioblastisch-idioblastische charakterisieren. Man gebraucht für dieselben Anschauungsweisen sonst die Bezeichnung „Präformismus“ oder „Evolutionismus“ oder auch neuerdings „Neo-Evolutionismus“ (O. Maas), welchen bekanntlich die „Epigenesis-Lehre“ gegenübergestellt wird. Doch geben diese Bezeichnungen heutzutage nicht mehr das Wesentliche des Unterschiedes der beiden sich gegenüberstehenden Anschauungen an, zumal da viele Forscher, wie z. B. O. Hertwig, zwischen Epigenesis und Evolution vermitteln wollen. Eine solche Vermittlung ist aber nicht möglich zwischen den heute wirklich bestehenden Gegensätzen der bioblastisch-idioblastischen und der, wie sie kurz genannt sei, physikalisch-chemischen Vererbungslehre. Das ist ein Gegensatz, der sich auch sonst überall in der Auffassung und in den Erklärungsversuchen der Lebenserschei-

nungen bemerkbar macht, worauf ich schon bei verschiedenen Gelegenheiten hingewiesen habe. Während nun innerhalb des Fachkreises der Physiologie die physikalisch-chemische Auffassung des Lebens zunehmend an Boden gewinnt, ist diese den morphologischen Vertretern der Entwicklungs- und Vererbungslehre zum weitaus größten Teil noch fast völlig fremd, indem hier die einseitig morphologische Micellar-Hypothese und die auf ihr sich aufbauende Idioblasten-Hypothese nahezu unumschränkte Geltung genießen.

Wer aber auf dem Boden dieser letzteren Anschauung steht, der wird für die physikalisch-chemische Auffassung der Lebensprozesse, im besonderen der Entwicklung und Vererbung, kein Verständnis und Interesse haben. Da nun der hier vertretene Standpunkt, wie auch die später darzulegende Entwicklungs- und Vererbungstheorie, möglichst auf ein physikalisch-chemisches Fundament gegründet sind, so scheint es mir zweckmäßig, einer unbefangenen Beurteilung derselben schon im voraus den Weg frei zu machen durch eine eindringliche Kritik der das Gebiet der Vererbung besetzt haltenden micellar-bioblastisch-idioblastischen Lehre. Diejenigen Leser, welche schon vorher einen Aufschluß über das Wesentliche der physikalisch-chemischen Auffassung der Lebensprozesse wünschen, seien auf die später folgende Darstellung der „Voraussetzungen“ der allgemeinen Entwicklungstheorie verwiesen (S. 191 ff.).

Hier soll zunächst gezeigt werden, daß die micellar-bioblastisch-idioblastischen Anschauungen mit den Lehren der heutigen physikalischen Chemie nicht vereinbar sind. Den Vitalisten und Neo-Vitalisten, der das nicht anders wünscht und erwartet, wird dieser Vorwurf ja freilich nicht beunruhigen, ebensowenig wie der zu liefernde Nachweis, daß die bioblastisch-idioblastischen „Erklärungen“ diese Bezeichnung im Sinne der exakten Naturwissenschaft gar nicht beanspruchen können. Für die beträchtliche Zahl derjenigen Biologen jedoch, welche zwar die Prinzipien der Physik und Chemie auf ihre Fahnen geschrieben haben, aber gleichwohl die bioblastisch-idioblastische Auffassung festhalten, möge der Nachweis der Unverträglichkeit dieses ihres Standpunktes mit dem physikalisch-chemischen

eine Anregung sein, die bioblastisch-idioblastischen Lehren einmal unbefangen kritisch zu betrachten.

Nach Erledigung der zunächst hier folgenden Charakterisierung und Kritik jener Lehren soll dann ein kurzer Überblick über die Hauptprobleme der Vererbungslehre gegeben werden.

Zur Kritik der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen.

Im folgenden wird zuerst eine Charakterisierung der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen im allgemeinen und im Anschluß daran eine solche der spezielleren Chromosomenhypothese Platz finden: daran schließt sich eine Kritik dieser Hypothesen nebst einigen epikritischen Bemerkungen.

Grundzüge der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen.

Die der physikalisch-chemischen Anschauung gegenüberzustellende Micellar- und Idioblasten-Hypothese sehen wir in verschieden ausgeprägter Form auftreten. Am prägnantesten und von der ersteren Auffassung am meisten sich entfernend sind die Hypothesen nach Art der Weismannschen „Determinantenlehre", während die Anschauungen vom Charakter derjenigen O. Hertwigs und Boveris wenigstens von dem ausdrücklichen Wunsche geleitet werden, mit den heutigen chemisch-physikalischen Vorstellungen Fühlung zu behalten. Es seien hier hauptsächlich die Darstellungen von O. Hertwig zum Ausgangspunkte gewählt, wie er sie in seiner „Allgemeinen Biologie" gibt, der neuen Auflage des Lehrbuches „Die Zelle und die Gewebe", welche im wesentlichen schon dieselben Anschauungen zum Ausdruck bringt.

Die Hertwigschen Vorstellungen gründen sich auf die bekannte Nägelische Micellarhypothese, und eine Spezialisierung der letzteren dient als Grundlage seiner Entwicklungs- und Vererbungshypothesen: Wie nämlich Pflanze und Tier aus Zellen als

Elementarteilen, so seien die Zellen aus Bioblasten[1]) aufgebaut, die ungefähr den „Pangenen“ von De Vries und Spencers „physiologischen Einheiten“ entsprechen. Die verschiedenen Bestandteile der lebendigen Zelle sollen sämtlich aus entsprechend verschiedenen Bioblasten zusammengesetzt sein, so das Protoplasma und seine Differenzierungsprodukte, der Zellkern, die Kernmembran, die Lininfäden, die Chromosomen, die Nukleolen usw. (b, S. 55).

Hinsichtlich der Bedeutung der „Bioblasten“ schließt sich Hertwig dem an, was De Vries für seine „Pangene“ äußert: „Wie die Physik und die Chemie auf die Moleküle und die Atome zurückgehen, so haben die biologischen Wissenschaften zu diesen Einheiten (Pangenen) durchzudringen, um aus ihren Verbindungen die Erscheinungen der lebenden Welt zu erklären“. (Hertwig b, S. 55).

Über die Eigenschaften der „Bioblasten“ sei folgendes erwähnt: Sie sollen in „unlöslichen und festverbundenen Gruppen von Albuminatmicellen“ bestehen (Hertwig, b, S. 54, im Anschluß an Nägeli). Sogar bestimmte Größenangaben werden für die „Bioblasten“ gemacht. Nach Berechnungen von Nägeli würden auf einen Flächenraum von 0,1 μ^2 etwa 25000 Micellen Platz finden, also entsprechend weniger Bioblasten, da diese Micellgruppen sind. Endlich sollen die „Bioblasten“ die Fähigkeit der Assimilation, des Wachstums und der Selbstteilung haben.

Für die Vorgänge der Entwicklung und Vererbung wird den Bioblasten des Zellkerns, speziell denjenigen, aus welchen die Chromosomen zusammengesetzt sein sollen, nämlich den „Idioblasten“, eine ganz außerordentliche Rolle zugesprochen. Sie sollen die „spezifische Art“ der betreffenden Zelle bestimmen, indem sie das „Vermögen besitzen, Chlorophyll oder Blumenfarbstoff, Gerbsäure oder ätherische Öle und, fügen wir weiter hinzu, Muskelsubstanz, Nervensubstanz etc. zu bilden“. (Hertwig b, S. 354 und 635). Ähnliche Vorstellungen hat schon Strasburger entwickelt und Weismann übernommen. Nach Strasburger sind die „spezifischen

1) Diese von R. Altmann herrührende Bezeichnung gebraucht Hertwig noch nicht in seinem Buch über die „Zelle und die Gewebe“; es sei hervorgehoben, daß die Altmannschen „Granula-Bioblasten“ keineswegs identisch mit den „Bioblasten“ Hertwigs sind.

Eigenschaften der Organismen in den Zellkernen begründet“ und Weismann schreibt in Anlehnung an die Ausführungen des genannten Botanikers: „„ — vom Zellkern aus pflanzen sich auf das umgebende Cytoplasma moleküläre Erregungen fort, welche einerseits die Vorgänge des Stoffwechsels in der Zelle beherrschen, andererseits dem durch die Ernährung bedingten Wachstum des Cytoplasma einen bestimmten, der Spezies eigenen Charakter geben. — Das nutritive Cytoplasma assimiliert, der Zellkern beherrscht den Stoffwechsel[1]), wodurch die assimilierten Substanzen eine bestimmte Zusammensetzung erhalten und das Cyto-Idioplasma, sowie das Nucleo-Idioplasma in bestimmter Weise ernähren. Dadurch tritt das Cytoplasma in Gestaltungsvorgänge ein, welche die spezifische Form des betreffenden Organismus bedingen. Diese Formgestaltung des Cyto-Idioplasmas steht unter dem regulierenden Einfluß der Zellkerne““. „Die Zellkerne sind es also, „„welche die spezifische Entwicklungsrichtung in den Organismen bestimmen““[1]). (Weismann, a, S. 28). In ähnlichem Sinne hatte schon Nägeli dem „Idioplasma“, d. h. der Gesamtheit der „Idioblasten“, die übrige Zellsubstanz als „Ernährungsplasma“ gegenübergestellt, eine Anschauung, der sich auch O. Hertwig anschließt (b, S. 375).

Es sei hier gleich auf zweierlei bemerkenswerte Punkte hingewiesen, nämlich erstens, daß nach der letzteren Gegenüberstellung die „Bioblasten des Protoplasmas und seiner Differenzierungsprodukte“ zu dem „Ernährungsplasma“ gerechnet werden; und zweitens, daß den Bioblasten des Kerns, also den Idioblasten, das Vermögen zuerkannt wird, diese Bioblasten des Protoplasmas und seiner Differenzierungsprodukte, nämlich „Muskelsubstanz, Nervensubstanz etc. zu bilden“ (vgl. S. 56).

Auf dieser letzteren Fähigkeit beruht auch die wichtige Rolle, welche die Idioblasten bei der Entwicklung und Vererbung als „Vererbungsträger“, als „Erbmasse“, als „erbliche Anlagen“ etc. zu spielen berufen sind.

Sehen wir nach, wie dieses „Bilden“ der „Protoplasma-Bioblasten“ durch die „Kern-Bioblasten“ (Idioblasten) geschehen soll.

1) Von mir durch gesperrten Druck hervorgehoben. (J.)

Hertwig führt hierfür zwei Möglichkeiten an, eine dynamische Wirkungsweise und eine materielle (b, S. 363):

Nach der ersteren, von Nägeli herrührenden Hypothese sollen die Idioblasten in der Weise wirken, daß sie „in bestimmte Spannungs- und Bewegungszustände geraten", und diese sollen dann „durch dynamische Einwirkung und Übertragung eigentümlicher Schwingungszustände bis auf eine mikroskopisch sehr geringe Entfernung die chemischen und plastischen Prozesse beherrschen".

Die materielle Hypothese, welche De Vries aufgestellt hat, nimmt an, „daß in der Anlagesubstanz, während die meisten Bioblasten oder „Pangene" (De Vries) inaktiv bleiben, einige in Wirksamkeit treten, wachsen und sich vermehren. Dabei wandert ein Teil von ihnen aus dem Kern in das Protoplasma aus, um hier ihr Wachstum und ihre Vermehrung in einer der Funktion entsprechenden Weise fortzusetzen. Das Verlassen des Kerns kann aber stets nur derart geschehen, daß alle Arten von Bioblasten in ihm vertreten bleiben". (Hertwig, b, S. 363).

Nach der letzten Hypothese, der sich auch O. Hertwig anschließt, wird also angenommen, daß alle Arten von Protoplasmabioblasten auch im Zellkern vertreten sind, und zwar sollen in dem Kern jeder Zelle eines vielzelligen Organismus, ebenso wie im befruchteten Eikern, die sämtlichen verschiedenartigen Bioblasten des ganzen Organismus vorkommen. Es befänden sich demnach alle wesentlichen Bestandteile der Protoplasmen der sämtlichen Zellen des Organismus in geringeren Quantitäten auch in jedem Zellkern. Im Protoplasma andererseits wären hiernach alle für seine Funktionen nötigen wesentlichen Bestandteile vorhanden; es sind ihm ja alle erforderlichen Bioblasten vom Kern geliefert, und diese sind „aktiv" geworden, d. h. ihre im Kern noch „latente" Fähigkeit der Assimilation, des Wachstums und der Selbstteilung ist in Aktion getreten. Man sollte danach annehmen, daß das Protoplasma für die Ausübung seiner Funktionen den Zellkern jetzt gar nicht mehr brauche.

Diesem Kreise von Vorstellungen entstammt nun auch diejenige über die Art und Weise, wie die erbliche Übertragung der

Eigenschaften von den Eltern auf die Kinder, überhaupt von einer Zelle auf die andere, zustande kommt:

Bei der Teilung einer Gewebszelle wird Kernsubstanz und Protoplasma der Tochterzelle je von Kern und Protoplasma der Mutterzelle abgegeben; für die Lieferung der „Protoplasmabioblasten" braucht hier das „Bioblastenreservoir" des Zellkerns nicht in Anspruch genommen zu werden, da das Protoplasma der Mutterzelle schon alle für das Tochterprotoplasma erforderlichen Bioblasten in „aktivem" Zustande besitzt.

Anders bei der Entwicklung und Differenzierung von Zellen. Hier sollen, wenn ich Hertwig recht verstehe, bei der fortschreitenden Änderung und Differenzierung von Zellen immer neue „Kernbioblasten" (Idioblasten) in das Protoplasma übergehen, und diesem so die neu hinzukommenden Eigenschaften verleihen. Jeder Zellkern enthält ja in Form von Bioblasten (Idioblasten) die Anlagen für alle Protoplasmaeigenschaften des ganzen Organismus und gibt, wie wir folgern müssen, immer am rechten Ort zur rechten Zeit die für die betreffende Zelldifferenzierung erforderlichen Bioblasten ab.

Auf einige Erscheinungen der Vererbung und die Anwendung der micellar-idioblastischen Hypothese auf diese muß ich etwas näher eingehen, da gerade hier die genannte Hypothese eine besonders starke Stütze finden soll. Mit großer Begeisterung wird sie auf diesem Gebiet als Führerin und Erklärungsmittel gepriesen, so daß man wirklich eine überzeugende Begründung erwarten sollte. Sie hat hier in der „Chromosomenhypothese" eine besondere Ausgestaltung erfahren. Einige wesentliche Punkte dieser Hypothese und ihre Begründungsversuche, wie wir sie bei Hertwig und in den neuesten zusammenfassenden Darstellungen von Boveri und H. E. Ziegler finden, seien daher etwas näher betrachtet.

Charakteristik der Chromosomenhypothese.

Nach dieser Hypothese sollen die „Kernbioblasten" oder „Idioblasten" in den Chromosomen des Zellkerns, im besonderen also auch in denjenigen des Ei- und Samenkerns, enthalten sein, indem

die Chromosomen als Gruppen von Idioblasten aufgefaßt werden. Wie Boveri (S. 8), H. E. Ziegler (S. 29 f.) und Andere annehmen, sollen auch die Chromosomen kleinste Lebenseinheiten sein, „elementarste Organismen, die in der Zelle ihre selbständige Existenz führen"; eine Anschauung, die als die Individualitätshypothese der Chromosomen bezeichnet wird (vgl. Boveri, S. 9).

Boveri unterscheidet unter den Eigenschaften der Chromosomen „generelle" und „spezielle". Unter den ersteren versteht er solche, wie die hypothetische Funktion des Zellkerns als „Oxydationsorgan", welche allen Kernen zukomme; die anderen sollen die den Stoffwechsel und die Vererbung beherrschenden sein und entsprechend der Verschiedenheit der vererbbaren Eigenschaften in den verschiedenen Zellen qualitativ verschieden und ferner aus qualitativ verschiedenwertigen Bezirken zusammengesetzt sein. (Boveri S. 87 f. und 101).

Über die speziellere Lokalisierung der vererbbaren Anlagen sind die Ansichten der Autoren verschieden: Hier sei nur auf die weniger extremen Ansichten von Boveri eingegangen. Nach ihm sind nicht etwa „darm- und skelettbildende Chromosomen" anzunehmen, vielmehr sei „eine bestimmte Kombination von Chromosomen zur Bildung des Urdarms nötig, eine bestimmte Kombination zur Bildung des Skeletts usw." Boveri geht auf diese Fragen nicht näher ein und rät zur Vorsicht gegenüber Anschauungen nach Art der Weismannschen Determinantenlehre. Im Grunde aber scheinen mir seine Vorstellungen doch von der letzteren nicht wesentlich verschieden zu sein. Zwar meint Boveri, daß die Zahl der Chromosomen viel zu gering und bei nahe verwandten Organismen zu variabel sei, „als daß man etwa jedem Chromosoma eine einzige bestimmte Qualität des Organismus als Anlage zuerteilen könnte" (S. 99); wenn er aber darauf hinweist, „daß das einzelne Chromosoma verschiedene Qualitäten repräsentiert" (S. 100), so deutet dies doch die Vorstellung einer mosaikartigen Zusammenordnung von Anlagen vererbbarer Merkmale an (vergl. Boveri, S. 120).

Für die Art und Weise, wie sich Boveri die Merkmale eines Organismus durch die Chromosomen der Sexualzellen bestimmt denkt,

ist der folgende Satz charakteristisch: „Mag sogar alles, was uns im Metazoenkörper als Leistung imponiert, direkt Protoplasmaleistung sein, dies schließt so wenig die alleinige Bestimmung der individuellen Merkmale des Kindes durch die Kerne der kopulierenden Sexualzellen[1]) aus, wie die Herstellung eines Hauses durch Maurer und Zimmerleute nicht ausschließt, daß dieses Haus in seiner ganzen Besonderheit nach dem Kopf eines Architekten gebaut ist“ (S. 104).

Diese Worte zeigen deutlich die Herrscherrolle, die Boveri gleich den anderen Vertretern der Chromosomenhypothese bei der Entwicklung dem Chromatin zuerkennt. Zwar scheint er durch den erwähnten Vergleich andeuten zu wollen, daß trotz der alleinigen Bestimmung der Hausbeschaffenheit durch den Architekten (Chromosomen) doch noch eine mehr oder minder selbständige Mitwirkung der Maurer und Zimmerleute (Protoplasma) bestehen könnte. Das wäre aber ein prinzipieller Irrtum: Denn wenn der Architekt wirklich die alleinige Bestimmung hat, dann sind die Maurer etc. nur willenlose Werkzeuge, die nicht mehr Selbständigkeit besitzen als etwa eine vom Architekten ersonnene leblose Maschine; andernfalls hätte eben der Architekt nicht die alleinige Bestimmung. Indem Boveri aber dem Architekten und somit den Chromosomen ausdrücklich die letztere zuspricht, charakterisiert er die Maurer etc. als völlig unselbständige Werkzeuge, und damit auch das Protoplasma und die anderen Zellbestandteile außer den Chromosomen als passives Material.

Übrigens scheint mir auch Boveri gerade hinsichtlich der Hauptpunkte der Chromosomenhypothese nicht ganz konsequent zu sein, wie die folgende Auseinandersetzung von ihm zeigt: „Wenn wir ein Pferd und einen Esel bastardieren, so ist es für den Effekt ganz gleichgültig, durch welche der beiden Sexualzellen und in welcher Weise der neue Organismus zu einem Bilaterium, einem Wirbeltier, einem Säugetier und einem Perissodactylen gestempelt wird; denn in allen diesen allgemeinen Merkmalen stimmen beide Eltern überein, über ihre Grenzen hinaus ist Kreuzung unmöglich, und diese Merk-

1) Von mir durch gesperrten Druck hervorgehoben. (J.)

male müssen sich, soll aus dem Keim überhaupt etwas werden, unter allen Umständen an ihm entfalten. Vielmehr handelt es sich für die Qualität des Bastards wesentlich nur darum, welche Teile der Sexualzellen für die Speziesmerkmale bestimmend sind. Nur für diese Bestimmungsstücke haben wir, wenn die Bastarde eine Mittelform darbieten und wenn reziproke Bastarde identisch sind, Äquivalenz der beiden Sexualzellen zu fordern. Da bleiben also Vererbungsleistungen genug übrig, welche einseitig an die eine Sexualzelle und somit an Teile, die der anderen fehlen, d. h. an das Protoplasma gebunden sein können; und wenn mir auch nichts ferner liegt, als einen bestimmenden Einfluß der Kerne auf alle diese allgemeinen Charaktere in Abrede zu stellen, so ist es doch andererseits schon jetzt sicher, daß einzelne von ihnen, wie gewisse Achsenverhältnisse des neuen Individuums, ausschließlich vom Eiprotoplasma bestimmt und also durch dasselbe vererbt werden. Vor allem aber wird eben im Protoplasma das ganze Heer des Arbeitsvolkes vererbt, ohne welches selbst ein Alleinherrscher, wenn wir einmal dieses Bild gebrauchen wollen, nicht existiert. Eines ist so nötig wie das andere, und über die Frage, was wichtiger, ist es müßig zu streiten. Darum wird es aber auch angezeigt sein, nicht mehr in unbestimmter Weise den Kern als „Vererbungsträger" oder „Erbmasse" zu bezeichnen, sondern genau zu formulieren, was man ihm oder einem anderen Teil bei der Vererbung zuschreibt; und diese Formulierung möchte ich nach allen angeführten Tatsachen nnd Betrachtungen für den Kern vorläufig dahin geben, daß wenigstens alle essentiellen Merkmale des Individuums und der Spezies ihre Determinierung durch das Chromatin von Ei- und Spermakern erhalten" (Boveri, S. 112 f.).

Hierdurch wird doch die obige Behauptung von der „alleinigen Bestimmung der individuellen Merkmale des Kindes durch die Kerne der kopulierenden Sexualzellen" usw. in recht erheblicher und zugleich sehr unbestimmter Weise eingeschränkt.

O. Hertwig hat gegenüber den Angriffen Verworns auf die „Alleinherrschaftshypothese" des Zellkerns seinen Standpunkt folgendermaßen zu begründen versucht und näher bezeichnet:

Da in der auf die Befruchtung des Eies zunächst folgenden Entwicklungsperiode anfangs seine Kernsubstanz allein wachse, und zwar „auf Kosten des übrigen vorher angesammelten Stoffgemenges“ [1]), „so scheine der Schluß nicht so weit abzuliegen“, daß die Kernsubstanz „auch für die anderen Vorgänge, die mit ihrem Wachstum zusammenhängen, in erster Linie[2]) verantwortlich zu machen sei, also für die Zerlegung des Dottermaterials in Zellen“ etc., „für die Anordung der Zellen und ihre Sonderung in die einzelnen Schichten und Organe“ etc. In diesem Sinne sei die Kernsubstanz „der als Träger der erblichen Eigenschaften wirksamste[2]) Teil der Zelle“; und man könne sehr wohl „einen einzigen Zellenbestandteil als Vererbungsträger bezeichnen“ und habe keinen Grund zu der Annahme, „daß das Protoplasma der Zelle genau von dem gleichen Wert für die Vererbung sein müsse wie der Kern“. — „So legen wir das Vermögen energischer Zusammenziehung der quergestreiften Muskelsubstanz bei, obwohl sie von dem Protoplasma, ferner wohl auch von dem Kern in vielen Beziehungen beeinflußt wird, ohne welche beide sie nicht bestehen kann“ etc.

Gegen diesen letzteren Vergleich möchte ich mich, als einen sehr irre leitenden, sogleich wenden. Wäre es berechtigt, in dieser Angelegenheit die Muskelfibrillen mit den Chromosomen zu vergleichen, so müßte man doch zeigen, daß die ersteren einen ebenso bedeutungsvollen Einfluß auf das Sarkoplasma etc. ausüben, wie angeblich die Chromosomen auf das Protoplasma. Daß die Fibrillen Erscheinungen zeigen, die das Sarkoplasma nicht zeigt, ebenso wie die Chromosomen Erscheinungen darbieten, die dem Protoplasma fehlen, das bezweifelt niemand. Wäre die gedachte Analogie zwischen Chromosomen und Muskelfibrillen wirklich vorhanden, so müßten die Lebenserscheinungen der Fibrillen in erster Linie vom Sarkoplasma abhängen, oder umgekehrt, was doch keineswegs zutrifft[3]).

1) Daß nur die Kernsubstanz wachse, und zwar wohl hauptsächlich auf Kosten des Dotters oder des vom mütterlichen Blute gelieferten Materials, und nicht auch gleichzeitig das Protoplasma der Furchungszellen, ist nicht bewiesen und dürfte sehr unwahrscheinlich sein.

2) Von mir durch gesperrten Druck hervorgehoben.

3) Daß z. B. die Kontraktion der Fibrillen nicht hauptsächlich vom Sarkoplasma

Hertwig hat sich nicht klar gemacht, daß er in seinem Vergleich eine Erscheinung, welche die Fibrillen selbst darbieten, nämlich das Vermögen energischer Zusammenziehung, mit den Wirkungen (auf das Protoplasma etc.) vergleicht, welche die Chromosomen angeblich ausüben sollen.

Die besprochenen Ausführungen und Begründungsversuche O. Hertwigs zeigen die Tendenz, die Schroffheit der Chromosomenhypothese möglichst abzumildern, indem die Kernsubstanz nur „in erster Linie" neben dem Protoplasma verantwortlich gemacht wird etc. und nur als der „wirksamste" Teil der Zelle bezeichnet wird; gleichwohl nennt Hertwig den Kern allein den „Vererbungsträger", beschränkt auf ihn die Vererbungsfähigkeit, wie auf die Muskelfibrillen die Kontraktionsfähigkeit, und macht auch in den spezielleren Darlegungen über die Vererbung, wie wir noch sehen werden, von der Abmilderung des „Alleinherrschafts"-Standpunktes keinen Gebrauch.

Gehen wir nun etwas näher auf die Chromosomenhypothese und ihre Begründung ein. O. Hertwig gibt in einer neueren Schrift über Vererbung drei Gründe an, die zugunsten der Chromosomenhyphothese schwer ins Gewicht fallen sollen (a, S. 26 ff.):

„Erstens ist das Chromatin die einzige uns bekannte Substanz, welche sich in genau äquivalenten Mengen in Ei- und Samenzelle vorfindet. Zum Beweis erinnere ich noch einmal kurz an die schon früher besprochene, glänzende Entdeckung von van Beneden, nach welcher bei Ascaris megalocephala bivalens Eikern und Samenkern gleich viele und gleich große Chromosomen, ein jeder nämlich zwei, besitzen.

Dazu gesellt sich als zweiter Grund die Tatsache, daß das Chromatin auch die einzige Substanz ist, welche nachgewiesenermaßen in genau gleicher Menge von der Mutterzelle auf die Tochterzelle übertragen wird, nachdem es zuvor durch Ernährung und Wachstum eine Vermehrung auf das doppelte erfahren hat. Diesem Zweck dient

abhängt, bedarf wohl keiner näheren Begründung; ebensowenig ferner der Umstand, daß z. B. die Erregungsleitung im Sarkoplasma nicht in erster Linie von den Fibrillen abhängig sei.

offenbar allein der ganze komplizierte Mechanismus der Karyokinese: die Anordnung der Chromatinteilchen in Fäden, die Spaltung der Chromosomen ihrer Länge nach, die Überführung ihrer Spalthälften nach den Spindelpolen und die gleichmäßige Verteilung auf die Tochterzellen".

„Drittens endlich läßt sich zur Begründung unserer Ansicht die Chromatinreduktion heranziehen. Ich möchte sie als eine Probe auf die Richtigkeit des Exempels bezeichnen. Ohne von den feineren Vorgängen, welche sich bei der Bildung der Polzellen abspielen, etwas gewußt zu haben, hat schon Nägeli die Notwendigkeit des Reduktionsvorganges aus rein theoretischen Gründen entwickelt. „„Wenn bei jeder Fortpflanzung durch Befruchtung"", bemerkt er, „„das Volumen des irgendwie beschaffenen Idioplasmas sich verdoppelte, so würden nach nicht sehr zahlreichen Generationen die Idioplasmakörper so sehr anwachsen, daß sie selbst einzeln nicht mehr in einem Spermatozoid Platz fänden. Es ist also durchaus notwendig, daß bei der digenen Fortpflanzung die Vereinigung der elterlichen Idioplasmakörper erfolge, ohne eine den vereinigten Massen entsprechende, dauernde Vergrößerung dieser materiellen Systeme zu verursachen"".

„Der von Nägeli vermutete Vorgang ist bald darauf in der Entwicklung der Polzellen entdeckt, vom Entdecker selbst, Ed. van Beneden, aber in anderer Weise gedeutet und erst von Weismann als der Prozeß erkannt worden, durch welchen eine Summierung der Erbmassen infolge der Befruchtung verhütet wird. Wie Nägeli hält auch Weismann die theoretische Forderung einer bei jeder Generation sich wiederholenden Reduktion so sicher begründet, daß die Vorgänge, durch welche dieselbe bewirkt wird, gefunden werden müßten, wenn sie in den von ihm so gedeuteten Tatsachen noch nicht enthalten sein sollten. Ich aber zweifele ebensowenig wie Weismann, daß bei der Bildung der Polzellen sich die theoretisch geforderte Reduktion des Idioplasmas vollzieht.

Wenn so sich eins zum anderen fügt, was in dieser Weise für biologische Vorgänge sehr selten ist, dann ist wohl trotz der von einigen Forschern erhobenen Einwände unsere Annahme, daß im Chromatin des Zellkernes das Idioplasma Nägelis gegeben sei, als

eine vollberechtigte Arbeitshypothese zu bezeichnen. Und sie ist in hohem Maße geeignet, um zum Ausgangspunkt und Leitstern für weitere Forschungen zu dienen" (O. Hertwig, a, S. 26 ff.).

Als einen vierten Grund führt Hertwig dann noch in seiner „Allgemeinen Biologie" die Isotropie des Protoplasmas an (b, S. 362). Die Tatsache nämlich, daß „der Zellkern, in einen beliebigen Bruchteil des Eidotters eingeschlossen, noch einen vollständigen Organismus hervorzubringen imstande ist"[1]), sei „ein Beweis für die Ansicht, daß das Idioplasma nicht im Protoplasma, sondern im Kern zu suchen ist".

Hierzu mögen noch einige von Boveri u. A. angeführte Stützen der Chromosomenhypothese beigefügt werden:

Auf den vielbesprochenen Versuch Boveris, ein kernloses Bruchstück eines Seeigeleies mit dem Spermatozoon einer anderen Seeigelspezies zu bastardieren, sei nicht näher eingegangen, da aus einem im Original (l. c. S. 105) nachzusehenden Grunde sein Urheber selbst ihn nicht als Beweis für die Auffassung der Kernsubstanz als ausschließlichen Vererbungsträger glaubt ansehen zu dürfen.

Als ein Beweis aber für die hervorragende, führende Rolle der Chromosomen wird von Boveri die verschiedene, zum Teil pathologische Entwicklung der voneinander gelösten Blastomeren doppelt befruchteter Seeigelkeime angeführt. Die einzelnen Blastomeren des Vierzellenstadiums erhalten in diesen Fällen verschieden viele Chromosomen. Da nun eine Verringerung der Chromosomenzahl bei der Merogonie[2]) und künstlichen Parthenogonie (vergl. S. 174, Anm. 1) für sich allein keine abnormen Entwicklungen hervorruft, so schließt Boveri, daß es in den genannten Fällen die verschiedenen Kombinationen der qualitativ verschiedenen Chromosomen seien, die vermöge ihrer Verschiedenheit der erblichen Anlagen die abweichenden Entwicklungen der einzelnen Blastomeren bedingen. Bezüglich des näheren möge im Original nachgesehen werden (S. 44 ff.).

1) Eine solche Isotropie besteht bekanntlich nicht bei allen Eiern; siehe hierüber die Zusammenstellung von O. Maas, S. 72.

2) Als „Merogonie" wird bekanntlich die Entwicklung von Larven aus normal befruchteten Eifragmenten ohne Eikern bezeichnet.

Endlich sollen im gleichen Sinne die Erscheinungen sprechen, welche die vorhin genannten dispermen Eier zeigen, sobald sie infolge Unterdrückung der Teilung des einen Spermozentrums sich nur in drei Tochterzellen teilen (Boveri S. 106 ff.). Hier tritt eine etwas andere Verteilung der Chromosomen ein als bei der Vierteilung, und die drei Blastomeren liefern, wenn man sie voneinander löst, wiederum Larven mit bestimmten Eigentümlichkeiten, die sich von den durch Vierteilung entstandenen charakteristisch unterscheiden. Boveri hält es für sehr wahrscheinlich, daß auch hier die verschiedene Ausbildung der drei Blastomeren in den verschiedenen Kombinationen von Chromosomen begründet sei, welche die einzelnen Furchungszellen enthalten. Die etwaigen Einwände, daß die Protoplasmen oder Centrosomen der beiden eingedrungenen Spermatozoen die gedachten Verschiedenheiten der Entwicklung bewirkt haben könnten, glaubt Boveri widerlegen zu können (S. 108 ff.).

Kritik der micellar-bioblastisch-idioblastischen Hypothesen.

Die folgenden kritischen Darlegungen sind in drei Teile gegliedert: Zunächst soll eine Beurteilung der mit der Micellarhypothese kombinierten Bioblastenhypothese gegeben werden. Daran schließt sich eine Kritik der Idioblastenhypothese, also derjenigen Lehre, die einer besonderen Anwendung der micellar-bioblastischen Hypothese auf die Entwicklung und Vererbung entsprossen ist. Und endlich wird die Chromosomenhypothese, als Verkörperung der idioblastischen Lehre, einer Prüfung unterworfen werden.

Das Hauptergebnis dieser kritischen Untersuchung sei schon vorweg genommen: Es besteht in dem Nachweis, daß das ganze micellar-bioblastisch-idioblastische Hypothesengebäude mit einer physikalisch-chemischen Auffassung des Lebens nicht vereinbar ist. Und zwar wird gegenüber denjenigen Autoren, die dies auch gar nicht wünschen, nämlich den Vitalisten und Neovitalisten, dargetan werden, daß ihre Erklärungsprinzipien trotz der schwerwiegenden Verzichtleistung auf eine Übereinstimmung mit der Physik und Chemie bei näherem Zusehen ihre wenigen angeblich tatsächlichen Grundlagen

verlieren, daß sie das Verständnis in keiner Weise fördern und daß sie sogar eine Menge nicht in der Natur des Forschungsgegenstandes liegender prinzipieller Erklärungsschwierigkeiten und Scheinprobleme heraufbeschwören. Diejenigen Forscher aber, welche die Übereinstimmung zwischen der Micellar-Idioplasma-Hypothese und unseren physikalisch-chemischen Erklärungsweisen wünschen und für erreichbar halten, mögen erkennen, daß diese Übereinstimmung zurzeit nicht besteht und ohne prinzipielle Änderungen der ersteren nicht möglich ist. Im Anschluß an die Kritik wird hernach in positiver Hinsicht gezeigt werden, daß wir nach Ausmerzung der micellar-idioblastischen Hypothese und bei einer konsequenten Anwendung der physikalisch-chemischen Prinzipien am besten eine Grundlage für das Verständnis der gesamten Entwicklungs- und Vererbungstatsachen gewinnen.

Kritik der micellar-bioblastischen Hypothese.

Die Micellar- und die Bioblastenhypothese sind voneinander ziemlich unabhängig, obschon sie, wegen ihres großenteils gemeinsamen Verbreitungsgebietes, häufig miteinander vereinigt auftreten. Eine besondere Kritik der Micellarhypothese kann hier unterbleiben, da diese schon an anderen Orten geübt wurde. Dort ist gezeigt worden, daß diese traditionellen, jeder tatsächlichen Grundlage entbehrenden Spekulationen der Erklärung der meisten charakteristischen Lebenserscheinungen, wie des Stoff- und Energiewechsels, des Wachstums, der Bewegung, Erregungsleitung etc. nicht nur nichts nützen sondern sogar hindernd im Wege stehen (vergl. Jensen, c und f S. 850ff.). Sie dürften wohl im Bereiche dieser physiologischen Probleme ihre Rolle bald ausgespielt haben; denn wir sehen, daß hier die Behandlung nach physikalisch-chemischen Gesichtspunkten immer mehr in Gebrauch kommt und sich bewährt, wie sich das z. B. bei der Analyse der Protoplasmabewegung, der Muskelkontraktion, der Nerventätigkeit, der Elektrizitätsproduktion des Muskels und Nerven usw. zeigt (vergl. die neueren Arbeiten über diese Gegenstände in den Ergebnissen der Physiologie[1]). Darauf braucht hier nicht näher eingegangen zu werden.

1) „Ergebnisse der Physiologie“, herausgegeben von L. Asher und K. Spiro, Wiesbaden 1902, 1903 etc.

Noch wenig berührt von unseren heutigen physikalisch-chemischen Vorstellungen sind dagegen die Probleme der Entwicklung, Vererbung usw. Die Stimmen, die sich hier zugunsten der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise erhoben haben, sind fast ohne Widerhall geblieben (vergl. z. B. Verworn, S. 540 ff u. a. a. O.). Bestrebungen, wie sie Hatschek in seiner neuen Hypothese der Vererbung kund gibt, wenden sich zwar gegen die Anschauungen nach Art der Weismannschen „Determinantenlehre", sind aber gleichwohl nicht im Sinne der physikalischen Chemie gerichtet; denn sie vermochten sich, obwohl sie von den physiologischen Momenten der Assimilierung und Dissimilierung ausgehen, von den Fesseln der Idioplasmalehre nicht frei zu machen, wie die Gegenüberstellung von „Ergatülen" und „Generatülen" zeigt. Dieses Festhalten an der Idioplasmahypothese mag aber zum Teil auch dadurch verursacht sein, daß diese Lehre in ihrer ausgearbeiteten Form, in der sie sich im Bereiche der Entwicklungs- und Vererbungsprobleme eingebürgert hat, noch keiner eingehenderen Kritik unterworfen worden ist.

Betrachten wir nunmehr die Bioblastenhypothese etwas näher. Sie ist nahe verwandt mit der „Pangenesis"-Hypothese von De Vries, mit der „Granula"- oder „Bioblasten"-Hypothese Altmanns, der „Plasom"-Hypothese von Wiesner usw. Die diesen Hypothesen gemeinsame Annahme, daß alle lebendigen Teile einer Zelle, also das Protoplasma und seine Differenzierungsprodukte sowie die Bestandteile des Kerns, wie Kernmembran, Chromosomen, Nukleolen etc. aus individualisierten Elementarteilen wie den „Bioblasten" (Altmann, O. Hertwig) oder „Pangenen" (De Vries a), „Plasomen" (Wiesner), „physiologischen Einheiten" (Spencer) oder dergl. bestehen, ist, wie wir sehen werden, ebenso unbegründet wie unbrauchbar.

Der Gedankengang, daß gleichwie der Organismus aus Zellen so die Zelle aus Bioblasten aufgebaut sei, scheint mir ganz verfehlt. Die erstere Vorstellung ist ja bekanntlich wohl begründet:

Bei Zellen finden wir sichtbare scharfe Grenzen; ferner stellen die Zellen relativ abgeschlossene Gebilde dar, deren Lebensprozesse im allgemeinen zwar an das Vorhandensein einer normal zusammengesetzten Gewebsflüssigkeit und einer bestimmten Temperatur, nicht

aber an die unmittelbare Einwirkung anderer lebendiger Teile gebunden sind[1]). Endlich zeigt jede einzelne Zelle alle charakteristischen Lebenserscheinungen der Gewebsart, der sie angehört.

Im Gegensatz hierzu gibt es innerhalb der Zelle keinerlei Anhaltspunkte für die Feststellung irgend welcher Grenzen zwischen den angeblich als Individuen für sich bestehenden „Bioblasten“ oder „Micellgruppen“; billigerweise sollte man doch von den Vertretern der Bioblastenhypothese verlangen, daß sie mangels eines direkten Nachweises wenigstens indirekt die Existenz solcher selbständiger Gebilde wahrscheinlich machen könnten. Nichts aber, außer Vorurteilen, spricht für die Zusammensetzung z. B. der protoplasmatischen Grundmasse oder der Chromosomen aus Bioblasten. Ferner ist z. B. jeder Teil des Protoplasmas unmittelbar und unbedingt in seiner Existenz abhängig von anderen lebendigen Teilen der Zelle, im besonderen vom Zellkern, wie allbekannt. Hier besteht also keineswegs die Selbständigkeit wie bei einer einzelnen Zelle. Und endlich zeigt ein Protoplasmateilchen für sich allein durchaus nicht alle für die ganze Zelle charakteristischen Lebenserscheinungen, erweist sich also auch hierin als ein unselbständiger Teil der Zelle. Diese Überlegungen lehren schon zur Genüge, daß die übliche Weiterteilung der Zellen in Bioblasten oder dergl. nicht nur nicht naheliegend, sondern sogar recht gewaltsam ist.

Wenn nun wenigstens dieses, bei dem heutigen Stande der Biologie durchaus unstatthafte, Verfahren irgend einen Gewinn brächte! Aber weit entfernt; vielmehr werden alle fundamentalen Lebensprobleme, wie diejenigen der Assimilierung, des Wachstums, der Selbstteilung, überhaupt des ganzen Stoff- und Energiewechsels nur von den Zellen auf die „Bioblasten“ verschoben und dadurch ihre Lösung ganz offenbar erschwert.

Damit aber nicht genug. Anstatt nun wenigstens die „Bioblasten“ physikalisch-chemisch aufzufassen, werden diese nach der Micellarhypothese als starre Körper angesehen, und zwar als „unlösliche

1) Dem widerspricht nicht die Tatsache, daß die verschiedenen Zellen eines höheren Organismus während des normalen Lebens des Gesamtorganismus in mannigfacher Wechselwirkung miteinander stehen.

und festverbundene Gruppen von Albuminatmicellen“ (siehe oben S. 56) oder Ähnliches. An diesen dürftigen veralteten Vorstellungen ist die ganze moderne Physiologie spurlos vorübergegangen. Es wäre ein hoffnungsloses Unternehmen, aus derartig charakterisierten „Bioblasten“, für die es zudem unauffindbar ist, durch welche Kräfte sie zu den einheitlichen Zellleistungen zusammenwirken sollen, den ganzen lebendigen Stoff- und Energiewechsel mit seiner mannigfaltigen Erscheinungsweise abzuleiten. Hierauf bin ich schon früher ausführlicher eingegangen (c, d, f, i), weshalb weiteres an dieser Stelle unterbleiben mag.

Neue Schwierigkeiten erheben sich sodann, wenn wir der zwischen den Bioblasten befindlichen Substanz unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Diese soll gegenüber den Bioblasten, als den Lebensträgern, unwesentlich oder indifferent sein, wie Altmann ausdrücklich sagt; sie soll sich also wohl gegenüber den Bioblasten etwa so verhalten, wie die Gewebs- oder Parenchymflüssigkeit gegenüber den Zellen. Auch für eine derartige Annahme gilt, wie für den zuvor besprochenen Teil der Bioblastenhypothese, daß sie jeglicher tatsächlichen Stütze entbehrt, daß sie durchaus nicht nahe liegt und daß sie, was hier noch besonders hervortritt, zu den schwierigsten Konsequenzen führt.

Wir wollen diese folgenschweren Konsequenzen, die sich aus der Gegenüberstellung von „aktiven“ „Bioblasten“ und „indifferenter“ Zwischensubstanz ergeben, besonders hervorheben. Denn es ist für alle tiefergehenden Erklärungen der Lebensvorgänge, die ja sämtlich in den Zellprozessen begründet sind, von weittragender Bedeutung, ob wir für die letzteren ein diskontinuierliches lebendiges Substrat, wie es die Bioblastenhypothese unterlegt, oder ein einheitliches lebendiges System im Sinne der physikalischen Chemie annehmen. Diese Sachlage läßt sich am besten erläutern im Anschluß an die von Hermann (b) begründete und besonders von Pflüger (b) und Verworn weiterentwickelte Vorstellung einer für die lebendige Substanz vorzugsweise charakteristischen chemischen Verbindung, nämlich der von Verworn so genannten „Biogensubstanz“:

Zwar kann man auch bei Annahme der Biogenhypothese, die vor der Bioblastenlehre den prinzipiellen Vorzug hat, daß sie mit

einwandfreien Molekülen oder Molekularadditionen rechnet, den Mißgriff begehen, die neben der Biogensubstanz vorhandenen Bestandteile des lebendigen Systems nicht genügend zu würdigen, was wohl häufig geschehen ist. Doch liegt eine solche Einseitigkeit keineswegs im Wesen der Biogenhypothese begründet. Diese sagt vielmehr nur aus, daß das Biogen ein besonders charakteristischer Bestandteil des Protoplasmas, im besonderen der protoplasmatischen Grundmasse ist, was aber keineswegs heißt, daß neben der Biogensubstanz die anderen Komponenten der protoplasmatischen Grundmasse als indifferent oder unwesentlich außer acht zu lassen seien. Von diesem neben der Biogensubstanz bestehenden Stoffkomplex nämlich, den wir uns qualitativ und quantitativ ganz bestimmt und sehr mannigfach zusammengesetzt vorstellen müssen, ist höchstwahrscheinlich die Biogensubstanz in ihrer Entstehung[1]) und Wirkungsweise aufs engste abhängig, so daß schon deshalb die Kenntnis dieses Stoffkomplexes von erheblicher Bedeutung wäre; angenommen z. B., irgend welche Prozesse verliefen nur in alkalischer Lösung, so würden diese Prozesse durch die Fortnahme des überschüssigen Alkali nicht minder gründlich zerstört, als durch die Elimination jeder anderen integrierend beteiligten Komponente, mag diese so einfach und gemein sein, wie etwa das Kochsalz, oder eine so komplizierte Spezialität wie die Biogensubstanz.

In einem physikalisch-chemisch aufgefaßten „heterogenen (mehrphasigen) System" sind eben alle an den Prozessen teilnehmenden „Komponenten" im wesentlichen gleichwertig, es gibt hier keinen Gegensatz von „aktiv" und „indifferent"; von der „aktiven Masse" ist nur das ausgeschlossen, was sich an den Prozessen des Systems überhaupt nicht beteiligt. Demgegenüber muß es uns besonders widersinnig vorkommen, wenn gerade eine feste Phase als das „Aktive" bezeichnet, wie es die Bioblastenhypothese mit ihren

1) Hierauf habe ich schon früher ausdrücklich hingewiesen (c, S. 189f.); daselbst wird auch die ziemlich verbreitete Vorstellung bekämpft, daß die Neubildung von Biogenmolekülen lediglich durch eine von dem vorhandenen Biogen bewirkte Polymerisierung zustande komme und ausreichend erklärt werden könne.

„unlöslichen Gruppen von Albuminatmicellen" tut, während die Zwischensubstanz, also gerade die flüssige Phase, „indifferent" sein soll.

Auch noch weitere Umstände nötigen uns, den gedachten neben der Biogensubstanz vorhandenen Bestandteilen der protoplasmatischen Grundmasse unsere größte Aufmerksamkeit zu schenken: Wir müssen es nämlich als sehr wahrscheinlich annehmen, daß diese Körper auch noch in speziellerer Hinsicht chemisch und physikalisch am Zustandekommen der Lebensprozesse integrierend beteiligt sind, sei es durch Wirkungen wie Sauerstoffübertragung, Hydrierungen, Kondensationen etc., die man kaum alle von dem Biogen erwarten darf, sei es als Träger von Oberflächenenergie, osmotischer Energie etc. (vergl. Jensen, e, f, g).

Aus dem bisher Gesagten ersehen wir also, daß die Bioblastenhypothese, die von der oben bezeichneten nächstliegenden Auffassung der Zelle als heterogenes System im Sinne der physikalischen Chemie erheblich abweicht, aus mehreren schwerwiegenden Gründen entschieden abzulehnen ist: Sie ist völlig willkürlich; sie bietet keinerlei Vorteile für die Lösung der wichtigsten Probleme des Zellenlebens und des Lebens im allgemeinen; sie verschiebt alle diese Probleme nur von den Zellen auf die Bioblasten und erweckt den Anschein, damit Lösungen dieser Probleme gegeben zu haben; wirkliche Lösungen der Lebensprobleme aber können auf dem Boden der Bioblastentheorie überhaupt nicht gedeihen, wie es denn auch seit den verunglückten Spekulationen Altmanns in neuerer Zeit niemand mehr ernstlich versucht hat, auf dieser sterilen Basis tiefer gehende Erklärungen der Lebenserscheinungen anzubahnen; während vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus mannigfache Erklärungsversuche unternommen worden sind, denen bei weiterer Nutzbarmachung der heutigen physikalisch-chemischen Anschauungen und Methoden eine stetig aufsteigende Fortentwicklung verheißen werden kann.

Angesichts der angeführten großen Schwächen aller mit „Bioblasten" und ähnlichen Gebilden rechnenden Hypothesen ist es geradezu unverantwortlich[1]), ihnen die sich darbietende nächstliegend

1) Ich denke hierbei hauptsächlich an den schon oben zitierten (S. 56) Satz von De Vries: „Wie die Physik und die Chemie auf die Moleküle und die Atome zurückgehen, so haben die biologischen Wissenschaften zu diesen Einheiten (nämlich den „Pan-

physikalisch-chemische Auffassung der Zelle zum Opfer zu bringen: nämlich die Ansicht, daß, wie in den exakten Naturwissenschaften, so auch in der Biologie die Atome und Moleküle diejenigen Einheiten darstellen, mit denen wir vorläufig zu rechnen haben, und daß jede lebendige Zelle ein inhomogenes System sei, dessen Prozesse von dem Zusammenwirken seiner sämtlichen Komponenten derart abhängen, daß von wesentlichen und unwesentlichen Bestandteilen nicht die Rede sein kann. Mit dieser Auffassung können wir auch, wie später dargelegt wird (S. 194 f), den besonderen Eigentümlichkeiten des lebendigen Systems vollständig gerecht werden.

Kritik der Idioblastenhypothese.

Die von O. Hertwig vertretene Idioblastenhypothese baut sich auf der Bioblastenlehre auf, ebenso wie z. B. die De Vriessche Vererbungshypothese eine spezielle Anwendung seiner Pangenesis-Hypothese ist. Daher wird die Hertwigsche Idioblastenlehre zunächst von denselben schweren Bedenken getroffen, wie die Bioblastenhypothese. Freilich sind nicht alle die verschiedenen Formen der Idioblastenhypothese an die letztere gebunden; völlig unabhängig von ihr ist die Idioplasmalehre Nägelis und nur locker mit ihr zusammenhängend sind die bezüglichen Anschauungen von Boveri u. A. Die folgende Kritik wird vorwiegend die oben dargelegten Vorstellungen von O. Hertwig zum Gegenstand haben.

Zunächst sei nochmals wiederholt, daß die Annahme von Kernbioblasten oder Idioblasten ebenso willkürlich, unbewiesen und unfruchtbar ist, wie die oben zurückgewiesene Bioblastenlehre im allgemeinen. Dazu kommt dann ferner die außerordentlich kühne Behauptung der Vertreter dieser Anschauungen, daß das Protoplasma der Zelle seine spezifischen Eigenschaften erst von den Idioblasten erhalte, indem letztere „das Vermögen besitzen, ... Muskelsubstanz, Nervensubstanz etc. zu bilden“ (O. Hertwig; vgl. oben S. 56). Für diese Behauptung fehlt nicht nur jeglicher auf Tatsachen gegründete Beweis, sondern sie führt auch zu Konsequenzen, die von einer exakt

genen“) durchzudringen, um aus ihren Verbindungen die Erscheinungen der lebenden Welt zu erklären“. Es ist schwer zu verstehen, wie ein ernster Naturforscher ohne die triftigsten Gründe eine derartige Behauptung aufstellen kann.

naturwissenschaftlichen Auffassung weit seitab liegen. Das gilt in gleicher Weise für die oben erwähnte dynamische und materielle „Erklärung“ dieser angeblichen Protoplasmabildung:

Nach der ersteren Anschauung würde es sich um molekulare Erregungen handeln, die von den Idioblasten ausgehen und die Bildung des Protoplasmas bewirken sollen. Diese Wirkungsweise der Idioblasten wäre verwandt mit den von J. Liebig angenommenen Fermentwirkungen, die darauf zurückgeführt werden, daß die Fermentmoleküle die Schwingungen ihrer Atome auf die ihren Wirkungen unterliegenden Stoffe übertragen, diese so aus ihrem Gleichgewicht bringen und ihre Umsetzungen anregen. Diese Hypothese erweist sich aber nach unseren heutigen physikalisch-chemischen Anschauungen schon bei der Erklärung relativ einfacher Fermentwirkungen als unzureichend, weshalb sie auch heute ganz allgemein verlassen ist, und zwar zugunsten der wohlbegründeten Annahme, daß das Ferment sich materiell, als Stoffüberträger, bei den von ihm beeinflußten Prozessen beteiligt. Wenn demnach die ältere Fermenthypothese schon prinzipiell als eine verfehlte anzusehen ist, so steigern sich ihre Schwächen noch im höchsten Maße in ihrer Anwendung auf die Idioblasten. Wir müßten den Idioblasten eine Art Fernwirkung auf das Protoplasma zusprechen, indem sie ihre Erregungen oder Schwingungen durch die zwischen ihnen befindliche „indifferente“ Substanz und die Kernmembran in das Protoplasma hinein wirken lassen müßten. Ferner aber: was für Voraussetzungen müßte man für diese Fermentwirkungen machen, damit sie einen Stoffkomplex mit den Eigenschaften des lebendigen Protoplasmas aus unbelebtem Bildungsmaterial erzeugen könnten?!

Wenn somit die an sich schon überlebte dynamische Hypothese zur Erklärung der gedachten Lebensprozesse erst recht unbrauchbar ist, wie verhält es sich mit der materiellen Hypothese der Idioblastenwirkung? Diese ist ja in gewisser, freilich sehr äußerlicher Weise der modernen Ferment- oder Encym-Theorie nachgebildet, indem sie mit einem Übertreten der wirksamen Idioblasten („Pangene“) aus dem Zellkern in das Protoplasma rechnet. Aber was für Voraussetzungen werden hier gemacht!

Alle für das lebendige Protoplasma charakteristischen Stoffe oder Stoffkomplexe sollen auch im Zellkern vertreten sein (vgl. S. 58); ja, es sollen im Kern einer einzelnen Zellart, z. B. einer Parotis-Drüsenzelle des Menschen die für das Protoplasma aller der verschiedenen anderen Zellen desselben Individuums charakteristischen Bestandteile enthalten sein: also diejenigen aller anderen Drüsenzellen (Speicheldrüsen, Magendrüsen, Leber, Pankreas, Niere etc.), der Nervenzellen, Sinneszellen, Muskelzellen, Bindegewebszellen, Knorpelzellen, Knochenzellen etc. Diese ungeheuerliche Vorstellung spottet selbstverständlich jeder tatsächlichen Begründung.

Ferner sollen, wenn sich aus einer primitiveren Zelle eine mehr differenzierte entwickelt, immer gerade nur die für die sich differenzierende Zelle charakteristischen Idioblasten in das zugehörige Protoplasma auswandern, um nun Protoplasmabioblasten zu werden und als solche sich zu vermehren. Welche Menge von ad hoc zu machenden hypothetischen Voraussetzungen sind hier wieder nötig!

Bedenken wir zunächst, daß die Differenzierung der Zellen nicht sprungweise sondern allmählich vor sich geht, so müssen wir fragen, ob jeder Zustand z. B. einer sich entwickelnden quergestreiften Muskelfaser durch besondere Bioblasten charakterisiert sei, oder ob die Bioblasten sich auch fortschreitend verändern können; beide Entscheidungen würden zu einer Kette von Schwierigkeiten und weiteren Hilfshypothesen führen.

Nun zur „Auswanderung" der Idioblasten aus dem Kern in das Protoplasma! Wodurch werden die zur Auswanderung bestimmten Bioblasten ausgewählt und zum Auswandern veranlaßt? Hierauf könnte nur eine neue willkürliche Hypothese Antwort geben. Sodann: durch welche Kräfte wird dies Wandern bewirkt? Weder die Kräfte, welche Moleküle und Jonen zur Wanderung zwingen, können für diese „Micellgruppen" in Anspruch genommen werden, noch auch Protoplasmaströmungen, wenn man nicht wiederum eine Anzahl ad hoc zu ersinnender Hilfshypothesen heranziehen will.

Wir sehen also, daß die Idioblastenhypothese durch die Art und Weise, wie sie sich die Rolle der Kernbioblasten bei der Bildung und Entwicklung des Protoplasmas denkt, zu den schwersten Be-

denken Anlaß gibt. Und wir müssen wiederum fragen: Wozu alle diese Spekulationen, die unsere Erkenntnis nicht nur nicht fördern, sondern jedem tieferen Eindringen einen Berg von Schwierigkeiten entgegentürmen? Die Hauptprobleme werden nur zurückgeschoben und in eine Unmasse von unlösbaren Scheinproblemen eingehüllt und erstickt. In welche Abgründe sehen wir vollends, wenn wir an die Frage denken, wie die nach der Bioblastenhypothese aufgefaßten Zellen mit ihren Idioblastenreservoiren phylogenetisch entstanden sein mögen! O. Hertwig hat daher von seinem Standpunkte aus recht, von vornherein auf jeglichen Versuch, sich den phylogenetischen Ursprung des Lebens vorzustellen, Verzicht zu leisten (b, S. 263).

Endlich haben wir noch die Art und Weise, wie die Idioblastenhypothese zur Erklärung der Vererbungserscheinungen verwendet wird, einer Kritik zu unterwerfen. Wir wollen diese mit der Besprechung der Hauptpunkte der Chromosomenhypothese verknüpfen.

Kritik der Chromosomenhypothese.

Im folgenden soll zunächst auf die vor allem von O. Hertwig und Boveri vorgebrachten Tatsachen kritisch eingegangen werden, die als besondere Stützen der idioblastischen Chromosomenhypothese, und damit als Hauptstützen der Idioblastenhypothese überhaupt, hingestellt werden (vgl. auch S. 59f); hierauf wollen wir die Art und Weise beleuchten, wie die Idioblastenhypothese, im besonderen die Chromosomenhypothese, auf die Entwicklung und Vererbung angewendet wird, und endlich mögen nochmals die für die Beurteilung dieses ganzen Hypothesengebäudes wesentlichen Punkte kurz zusammengestellt werden[1]).

Was zunächst den ersten von O. Hertwig geltend gemachten Grund (vergl. S. 64) anbetrifft, nämlich die „Äquivalenz“ der väterlichen und mütterlichen Erbmassen, so wird diese von der Tatsache

1) Ich bespreche hier vorwiegend nur die Grundzüge und prinzipiell wichtigsten Punkte der genannten Hypothese, ohne auf die mannigfachen und widersprechenden Deutungsversuche der Längsspaltung, der Reduktionsteilung, Konjugation etc. der Chromosomen besonders einzugehen. Diese Bestrebungen hat kürzlich R. Fick in sehr schätzenswerter Weise mit einer scharfen Kritik bedacht, die ich in vielen Punkten als eine geeignete Ergänzung zu meinen Ausführungen ansehen kann.

abgeleitet, daß Ei- und Samenzellen der Eltern durchschnittlich in gleichem Umfange die Eigenschaften des Kindes bestimmen[1]). Es ist aber für den physikalisch-chemisch Denkenden von vornherein einleuchtend, daß eine solche „Äquivalenz" keineswegs an das Vorhandensein gleicher Massen gebunden ist. Das, was hier wirkt, sind irgend welche nicht näher bekannte, qualitativ und quantitativ bestimmte Energie-Inhalte der beiden materiellen Systeme der Ei- und Samenzelle. Zwei Energiemengen derselben Energieform können aber bekanntlich in zweierlei Weise äquivalent sein, indem entweder ihre Kapazitätsfaktoren, zu denen auch die Masse gehört, und Intensitätsfaktoren gleich sind, oder indem bei ungleichen Kapazitätsfaktoren die Intensitätsfaktoren entsprechend größer oder kleiner sind. Da, wo es in der Natur auf gleiche oder äquivalente Energiemengen ankommt, dürfte der letztere Fall sogar der häufigere sein. Wenn daher auch die Chromosomen häufig bei gleicher Masse äquivalent sein mögen (vergl. aber auch unten Anm. 1), so liegt es ebenso nahe anzunehmen, daß auch Protoplasmen der Ei- und Spermazelle, trotz ungleicher Massen, infolge verschiedener Vererbungsintensität unter sich äquivalent seien. Wollen wir uns eine Vorstellung von der Variabilität der Vererbungsintensität machen, so brauchen wir nur an die unter verschiedenen Umständen verschieden große Wirksamkeit derselben Fermentart, an die wechselnde „Virulenz" derselben Bakterienart und dergl. zu denken; ob hier qualitativ-chemische Unterschiede oder Konzentrationsverschiedenheiten irgend welcher Art maßgebend sind, ist für unsere Frage gleichgültig.

Somit ergibt sich, daß die gar nicht einmal immer vorhandene Äquivalenz weder für noch gegen die Chromosomenhypothese angeführt werden kann. Das gleiche gilt für den zweiten der Hertwigschen Gründe:

---

1) Es scheint übrigens trotz gleicher Zahl und Größe der Chromosomen von Ei- und Spermakern die „Vererbungskraft" der beiden Sexualzellen durchaus nicht immer gleich groß zu sein. Das zeigen auch die Versuche Boveris, wo bastardierte Seeigeleier Larven von fast rein väterlichem Typus lieferten (Boveri, S. 104 f.), gleichgültig ob die Eier kernhaltig oder kernlos waren. Hier sind offenbar die Chromosomen, wie auch das Protoplasma des Eies, trotz ihrer beträchtlichen Massen, denjenigen des Spermas nicht äquivalent.

Wenn stets gleiche Mengen von Chromatin von der Mutterzelle auf die Tochterzelle übergehen, so ist das nach der nächstliegenden Annahme nur ein Ausdruck der wohl allgemein anerkannten Tatsache, daß der Stoff- und Energiewechsel der Zellen sehr empfindlich von gewissen quantitativen Verhältnissen zwischen Protoplasma und Zellkern abhängt; insofern bei einer abnorm geringen oder abnorm großen Menge von Kernsubstanz ein normales Stoffwechselgleichgewicht in der Zelle nicht bestehen kann[1]). So erscheint die Tatsache der „gleichwertigen Verteilung" des Chromatins ganz verständlich und sie wird durch die Charakterisierung der Chromosomen als „Vererbungsträger" durchaus nicht verständlicher. Auch der wohl sichergestellte Befund, daß alle die verschiedenen Zellen desselben Organismus bei der Teilung stets die gleiche Zahl von im allgemeinen gleichgroßen[2]) Chromosomen aufweisen, spricht keineswegs besonders für die Chromosomenhypothese; dieser wäre ja ebenso gedient mit einer wechselnden Anzahl von Chromosomen, wofern nur die gesamte Chromatinmenge jederzeit die gleiche wäre; selbst die Möglichkeit ließe sich mit der Chromosomenhypothese vereinbaren, daß die Chromosomenmassen der Tochterzellen bald größer bald kleiner erschienen als diejenigen der Mutterzelle, nämlich unter der Voraussetzung, daß das Chromatin in den ersteren entsprechend mehr oder weniger konzentriert wäre. Daher kann man auch der Tatsache der „Normalzahl" der Chromosomen kein Gewicht zugunsten der Chromosomenhypothese beilegen. Diese Tatsache bedarf einer so gesuchten Erklärung auch gar nicht; sie ist durchaus nicht überraschend, vielmehr auch für die Gegner der Chromosomenhypothese das zunächst zu Erwartende, wenn man nämlich bedenkt, daß bei jeder Kernteilung jedes Chromosom sich einmal teilt; so muß ja jede Tochterzelle immer wieder so viele Chromosomen erhalten wie die Mutterzelle.

1) Wenn z. B. die Vermehrung des Protoplasmas im Vergleich zum Kern ein gewisses Maß überschreitet, so tritt eine derartige Störung des Gleichgewichts ein, daß Zellteilung erfolgt (vergl. Verworn, S. 535 und R. Hertwig).

2) Diese gleiche Größe ist durchaus nicht immer vorhanden (vergl. z. B. H. E. Ziegler, S. 28).

Zur allgemeinen Beurteilung der Mitose sei noch folgendes hinzugefügt: Daß die Feinheit des Teilungsmechanismus für die Annahme einer besonders detaillierten qualitativen Scheidung spreche, kann nicht zugegeben werden [1]); man darf sich sehr wohl vorstellen, daß die indirekte Kernteilung ein Prozeß ist, der mit dem geringsten Energieaufwand schnell und sicher eine Halbierung der Kernmasse herbeiführt. Dafür spricht auch der Umstand, daß in den völlig entwickelten Gewebszellen des ausgewachsenen Organismus noch dieselbe detaillierte Kernsegmentierung eintritt, obgleich hier eine minutiöse qualitative Scheidung verschiedener Anlagen nach der Chromosomenhypothese gar nicht mehr nötig wäre.

Ganz ähnlich gestaltet sich auch die Kritik des dritten der Hertwigschen Gründe (vergl. S. 65). Nichts liegt näher, als die „Reduktionsteilung" für eine Einrichtung zu halten, durch welche die normale „Kern-Plasma-Relation" (R. Hertwig, Boveri S. 19) des befruchteten Eies erhalten wird. Da das Spermatozoon im Verhältnis zu seinem Protoplasma sehr viel Kernsubstanz enthält, so würde die Kernmasse der Eizelle durch die Befruchtung zu einer abnormen Größe anwachsen, wenn nicht mit den Polocyten (Richtungskörperchen) beträchtliche Chromatinmengen in Begleitung von nur wenig Protoplasma aus dem Ei entfernt würden. Diese Vorstellung (vergl. auch O. Hertwig a, S. 24) ist einleuchtend und bedarf durchaus nicht der Spezialisierung dahin, daß auf diese Weise eine „Summierung der Erbmassen verhütet" werde, d. h. daß vermieden werde, daß „anstatt zwei Mal alle einzelnen Anlagen vier Mal, acht Mal und noch mehr vertreten seien" (O. Hertwig b, S. 359). Eine Stütze für die Chromosomenhypothese ergibt sich somit aus der Tatsache der Reduktionsteilung nicht.

Was endlich den vierten der Hertwigschen Begründungsversuche der Chromosomenhypothese, nämlich den auf die „Isotropie" des Protoplasmas aufgebauten, anbetrifft, so setzt dieser die Gültigkeit der Idioblastenhypothese schon voraus, wie aus den oben zitierten Worten Hertwigs hervorgeht (vergl. oben S. 66).

1) Sehr bemerkenswert ist der ausdrückliche Hinweis von Gurwitsch (S. 210), daß die Umlagerungen bei der Mitose nicht nur der Zellteilung sondern auch sonst noch irgendwie dem Stoffwechsel dienen könnten (vergl. auch S. 176 Anm. 1).

Dieses Argument verschwindet also mit der Ablehnung der Idioblastenhypothese. Dazu kommt aber noch, daß gerade ein „isotropes“ Protoplasma die einfachste und bequemste Voraussetzung für die physikalisch-chemische Auffassung der Zelle wäre. Nach dieser Auffassung würde nämlich ein nicht zu kleines Stück eines wirklich isotropen Ei-Protoplasmas mit einem nicht zu kleinen Stück des zugehörigen Kerns[1]) im allgemeinen noch einer normalen Entwicklung fähig sein. Doch bereitet die Tatsache, daß die Isotropie auch fehlen kann (vergl. S. 66 Anm. 1), der physikalisch-chemischen Auffassung keine Schwierigkeit[2]), während für die idioblastische Hypothese eine solche in der Tat auftritt. Denn in diesem Falle ist ganz offenkundig nicht der Kern allein bestimmend für die Entwicklung, sondern auch das nicht isotrope Protoplasma. Wir gelangen also wiederum zu dem Ergebnis, daß sich auch aus dem Problem der Isotropie keinerlei Stütze für die Chromosomenhypothese gewinnen läßt.

Zu den noch von Boveri hinzugefügten Begründungsversuchen der Chromosomenhypothese (vergl. S. 66 f.) sei folgendes bemerkt:

Durch die Doppelbefruchtung wird die normale Kernplasmarelation gestört, was schon ein ausreichender Grund für das Zustandekommen der genannten Mißbildungen sein könnte; und daß ferner die beiden Spermatozoen durch die Zweizahl ihrer Entwicklungstendenzen die gesamte Entwicklung in abnorme Bahnen leiten möchten, ist ebenfalls naheliegend. Aus diesen Gründen vielleicht besitzen die Eier im allgemeinen Schutzvorrichtungen, um sich gegen Polyspermie zu sichern. Die abnormen Entwicklungsbedingungen, welche offenbar durch die Dispermie geschaffen werden, sind natürlich noch nicht im einzelnen zu übersehen, so daß nicht zu sagen ist, warum die Abnormitäten bei der „Vierteilung“ des dispermen Eies größer sind als bei der „Dreiteilung“. (Vergl. oben S. 67). Wenn

1) Leider gibt es nur sehr wenige Erfahrungen darüber, wie weit Bruchteile von Zellkernen die Funktion des ganzen Kerns übernehmen können. Daß sie hierzu innerhalb gewisser Grenzen fähig sind, zeigen z. B. die bekannten Gruberschen Regenerationsversuche an Stentor. Es wäre von größter Bedeutung zu wissen, wie sich die Entwicklung eines befruchteten oder parthenogonischen Eies nach Entfernung eines Teiles seines Kerns gestalten würde.

2) Es wäre in diesem Falle ja nur die schon vorhandene Inhomogenität des protoplasmatischen Systems noch erhöht.

wir somit auch mit unseren Erklärungen noch nicht weit eindringen können, so scheinen mir die vorstehenden Überlegungen doch ungezwungener zu einem Verständnis für die von Boveri herangezogenen Erscheinungen hinzuleiten, als seine eigenen, auf die Chromosomenhypothese gestützten, kunstvoll ersonnenen Erklärungsversuche; man kann daher nicht sagen, daß Boveris Nutzanwendung der genannten Hypothese eine besondere Gewähr für sie darstelle.

Demnach müssen wir die Beurteilung der angeblichen Hauptbeweise für die Chromosomenhypothese dahin zusammenfassen, daß diese sich in keiner Weise als stichhaltig erwiesen haben. Die besprochenen Tatsachen dienen nur dazu, die auch aus anderen Gründen hervorgehende Vermutung zu unterstützen, daß dem Chromatin bei der Entwicklung und Vererbung eine wichtige Rolle zukommt, welche nach der nächstliegenden physikalisch-chemischen Auffassung in seiner besonderen chemischen Zusammensetzung begründet sein dürfte; doch ist die gedachte Rolle als keine prinzipiell andere anzusehen als diejenige der achromatischen Kernbestandteile und der verschiedenen Komponenten des Protoplasmas.

Hinsichtlich der spezielleren Anwendung der Chromosomenhypothese auf die Entwicklungs- und Vererbungslehre wollen wir nur auf dreierlei eingehen: nämlich die sogen. Individualitätshypothese der Chromosomen, den Begriff der „Anlage“ und denjenigen des „Vererbungsträgers“, insofern dieser durch einen einzigen Zellbestandteil dargestellt werden soll.

Die Individualitätshypothese der Chromosomen will ich, obgleich sie mir von untergeordneter Bedeutung erscheint, nur deshalb kurz berühren, weil manche Vertreter der Chromosomenhypothese ihr eine besondere Bedeutung beimessen und aus ihr, wie es scheint, auch eine Stütze der letzteren ableiten. Doch muß bemerkt werden, daß, selbst wenn sich die dauernde Individualisierung der einzelnen Chromosomen als Tatsache herausstellte, dies nicht in höherem Grade für einen Aufbau des Chromatins aus Idioblasten spräche, als wenn die Chromosomen im Ruhezustand des Kerns ihre Individualität verlören. Denn es ist auch für die physikalisch-chemische Auffassung der Zelle ganz gleichgültig, ob sich die in der

übrigen Kernsubstanz unlösliche Phase (vgl. S. 193) des Chromatins in zusammenhängender Masse oder in einzelnen Stücken vorfindet.

Übrigens legt auch O. Hertwig der Individualitätshypothese kein besonderes Gewicht bei und erkennt die gegenteilige Ansicht als mindestens gleichberechtigt an (b, S. 207 f.). Auch Hertwig betont die zweifellos großen Schwierigkeiten, die dieser Hypothese daraus erwachsen, daß in dem ruhenden Zellkern keine gesonderten Chromosomenindividuen festzustellen sind.

Daher kann man keineswegs H. E. Ziegler zustimmen, wenn er schreibt (S. 30): „ Die Lehre von der Individualität der Chromosomen dürfte zurzeit als wohlbegründet gelten und wird kaum noch ernstlichen Widerspruch erfahren". Halten wir dagegen das Urteil von R. Fick, der seine ablehnende Kritik derselben Hypothese mit der Aufforderung schließt: „Daß die Chromosomen-Individualitäts-Erhaltungshypothese, die sich nur unter vollkommener Ummodelung des gewöhnlichen Identitäts- und Individualitätsbegriffes bisher noch halten ließ, aber auf alle Fälle sehr mißdeutungsfähig bleibt, jetzt unbedingt aufgegeben werden sollte" (S. 205).

Was ferner den Begriff der „Anlagen" betrifft, die in den Idioblasten, also den lebendigen Elementarbestandteilen der Chromosomen enthalten sein sollen, so sind diese Anlagen nach O. Hertwig nur solche für die künftigen verschiedenen Zellen an und für sich; d. h. die Idioblastenhypothese würde, falls sie annehmbar wäre, nur die Tatsache erklären können, daß aus der Eizelle eines höheren Organismus zu irgend welcher Zeit einmal alle die verschiedenen Zellen des Organismus, also Drüsenzellen, Muskelzellen, Nervenzellen, Bindegewebszellen etc. entstehen können. Das ist aber nicht einmal eine besondere Leistung der Hypothese, denn sie hat ja alle diese Zellen in ihren wesentlichen Komponenten nach dem Vorbild der alten Präformationslehre schon in die Eizelle hineingeschachtelt. Nun ist aber die Ontogenese noch keineswegs vollständig erklärt, wenn nur die Differenzierung der verschiedenen Gewebszellen erklärt ist, vielmehr kommt hierzu noch das wichtige Problem der Zusammenordnung der einzelnen Zellen zu Geweben, Organen, Organsystemen etc. Gerade

diejenigen individuellen Eigenschaften höherer Organismen, die den Hauptgegenstand unserer Untersuchungen über Entwicklung und Vererbung darzustellen pflegen, nämlich die ganze innere und äußere Ausgestaltung des Körpers, z. B. die Formen von Nase, Mund, Augen, Ohren etc. sind in Hertwigs Idioblastenhypothese nicht berücksichtigt, sie sind aus den Eigenschaften der Idioblasten nicht ohne weiteres ableitbar. Denn aus den ihnen von O. Hertwig zugesprochenen Eigenschaften ist durchaus nicht zu ersehen, wie sie für die „Anordnung der Zellen und ihre Sonderung in die einzelnen Schichten und Organe" sorgen können, eine Leistung, die Hertwig von ihnen verlangt. Man sollte aber doch von einer Entwicklungs- und Vererbungshypothese, der so viele naheliegende Vorstellungen und physikalisch-chemische Gesichtspunkte aufgeopfert werden, verlangen dürfen, daß sie wenigstens in ihrer Weise den Hauptproblemen dieses Gebietes gerecht zu werden imstande sei [1]).

Etwas mehr Rücksicht auf das erwähnte Problem nehmen die Anschauungen von Boveri, indem dieser Forscher bestimmte Kombinationen von Chromosomen je als Anlagen des Skeletts, des Urdarms usw. ansieht (vergl. S. 60). Mit dieser Hypothese, die Boveri absichtlich nicht weiter ausgearbeitet hat, ist freilich nicht viel anzufangen, da wir über die Frage, wie diese Chromosomenkombinationen entstehen, sich entwickeln und zusammenwirken, ebenfalls im Dunkeln gelassen werden.

Daß man keinen Versuch gemacht hat, die idioblastische Chromosomenhypothese in der besprochenen Richtung weiter auszubauen, hat wohl seinen guten Grund; denn bei einem solchen Versuch muß sich die ganze Ohnmacht der Idioblastenhypothese offenbaren. Im höchsten Maße ist dies der Fall, wenn man für noch allgemeinere Eigenschaften, wie z. B. die dichterische, künstlerische oder mathematische Begabung resp. ihre materiellen Grundlagen selbst nur nach den prinzipiellen Möglichkeiten einer Erklärung sucht.

---

1) Statt dessen benützt Hertwig zur Erklärung dieser Vorgänge eine Reihe anderer Prinzipien (b, S. 410, 462, 508, 635), die mit der Idioblastenlehre, welche hierbei völlig übergangen wird, nicht vereinbar sind.

Wie soll man sich die idioblastische „Anlage“ einer solchen Eigenschaft vorstellen? Daß ein einziger Idioblast diese Anlage ausmache, wird wohl niemand annehmen wollen. Wenn es sich demnach nur um eine Anzahl von Idioblasten handeln könnte, so müßte etwas da sein, was zur geeigneten Zeit die geeignete Zahl geeigneter Idioblasten dirigierte. Das könnte entweder selbst wieder ein Idioblast sein; was müßte man diesem aber alles zutrauen, kaum weniger als einer „Lebenskraft“, „Entelechie“ oder dergl.! Oder man müßte die Entstehung solcher allgemeinen Eigenschaften auf das spontane Zusammenwirken verschiedener Idioblasten zurückführen. Hierfür enthält aber die Idioblasten- und Chromosomenhypothese keinerlei Anhaltspunkte. Es würde daher weiterer, ganz neu hinzukommender Hilfshypothesen bedürfen, um den genannten Problemen gerecht zu werden. Welcher Art aber sollen die Beziehungen zwischen den Idioblasten oder Chromosomen sein, welche solche Ergebnisse erzielen können? Der Annahme mannigfacher chemisch-physikalischer Wechselwirkungen, wie sie uns der physikalisch-chemische Standpunkt darböte, stehen die Idioblasten und Chromosomen als Micellgruppen mit ihren besonderen Qualitäten (vergl. oben S. 56) geradezu im Wege. Wollte man gleichwohl zur „gewöhnlichen“ Chemie und Physik seine Zuflucht nehmen, also für diese größten Rätsel der Entwicklung und Vererbung von diesen Wissenschaften Klarheit erwarten, so sollte man sich doch fragen, wozu man denn dann noch die ganzen Idioblastenspekulationen braucht! Eine konsequente Durchführung der Annahme chemisch-physikalischer Wechselwirkungen der Idioblasten müßte überhaupt schließlich zu unserem physikalisch-chemischen Standpunkte führen.

In Anbetracht der völligen Fremdheit, mit der die idioblastische Chromosomenhypothese den wichtigsten Entwicklungs- und Vererbungsproblemen gegenübersteht, scheint mir selbst die alte klassische Einschachtelungslehre vor jener den Vorzug zu verdienen; diese enthält wenigstens die Anordnung der Teile des Organismus und die Art ihrer Zusammenhänge und Beziehungen als die Grundlage der allgemeineren und allgemeinsten Eigenschaften des Organismus schon als gegeben und überläßt somit nicht den äußerst wich-

tigen Prozeß der richtigen Zusammenfügung der Idioblasten und Idioblastenkolonieen ganz beliebig irgend welchen unbekannten und ungenannten Kräften.

Das Physikalisch-Unmögliche der Idioblastenhypothese wird auch besonders klar, wenn man ihre Prinzipien einmal auf ein einfacheres sich entwickelndes materielles System anzuwenden sucht; denken wir z. B. an den später zu besprechenden Komplex Traubescher Zellen (vergl. S. 140f.). Wir sehen dort, daß bei der Vereinigung mehrerer solcher Zellen unter bestimmten Bedingungen, zumal wenn wir einige Zellen von den übrigen ganz eingeschlossen sein lassen, ein ziemlich kompliziertes Gebilde entstehen muß. Nach der physikalisch-chemischen Auffassung werden die Erklärungsversuche für diesen Vorgang etwa folgender Art lauten: Alle Eigenschaften dieses Gebildes, also die äußere Gesamtform, die Form, Struktur, chemische und physikalische Beschaffenheit der Umhüllungen der jedenfalls verschiedenen einzelnen Zellen, die teils an das umgebende Medium grenzen, teils ganz im Innern des Komplexes gelegen sind, ferner die chemische Zusammensetzung, der Aggregatzustand, die Form und Anordnung der verschiedenen Inhaltsbestandteile der verschiedenen (inneren und äußeren) Zellen usw. — dies alles ist bedingt durch die Gesamtheit der anfangs gegebenen reaktionsfähigen Stoffe und ihre ursprüngliche Anordnung, durch die anfängliche Temperatur, den Druck und das thermodynamische Potential der reagierenden Stoffe; wobei ferner in Rechnung zu ziehen ist, daß durch die Bildung der semipermeablen „Zellwände“ besondere Systembedingungen (vergl. S. 194) geschaffen werden etc.

Demgegenüber würden Erklärungen nach Art der Idioblastenhypothese etwa folgende Form haben: Die einzelnen (in Wirklichkeit gleichen) Tropfen des gerbsauren Leims enthalten eine Menge verschiedener „Idioblasten“, welche die Zellwände und die verschiedenen Inhaltskörper der einzelnen Zellen aufbauen. Da sowohl die Zellwände als auch die Inhaltskörper je nach der Lage der Zellen an der Peripherie oder im Innern verschieden sind, so sind hierfür entsprechend verschiedene Idioblasten anzunehmen. Die Ausbildung der Struktur der Zellhäute und der Form der einzelnen Zellen und

des ganzen Komplexes wird irgendwelchen ungenannten Wechselwirkungen zwischen den Idioblasten und ihren Einwirkungen auf die nicht-idioblastischen Stoffe überlassen. — Was würde wohl ein Chemiker zu derartigen Vorstellungen sagen?

Wenden wir uns zum Begriff des „Vererbungsträgers". Zwar lehnt Boveri die Anwendung dieser Bezeichnung ohne genauere Definition ab und charakterisiert seine Auffassung der Bedeutung der Chromosomen durch die Behauptung, daß „alle essentiellen Merkmale des Individuums und der Spezies ihre Determinierung durch das Chromatin von Ei- und Spermakern erhalten" (S. 113). Diese Anschauung ist aber im wesentlichen nicht verschieden von derjenigen O. Hertwigs und der vielen anderen Autoren, welche die Chromosomen als „Vererbungsträger" oder als „Erbmasse" bezeichnen.

Fassen wir aus den Äußerungen Hertwigs, Boveris und der auf verwandtem Standpunkt stehenden Autoren das wesentliche heraus, unter Absehung von den oben angeführten, nur dem Ausdruck nach vorhandenen, Abmilderungen des strengen idioblastischen Standpunktes (vergl. S. 63), so ergibt sich für den „Vererbungsträger" nach der Chromosomenhypothese etwa die folgende Charakterisierung: Das Chromatin der befruchteten Eizelle, als der „Vererbungsträger", beherrscht in dem Maße ihre Entwicklung, daß das Eiprotoplasma und die achromatische Kernsubstanz prinzipiell keinen größeren Anteil an der Determinierung der Merkmale des sich entwickelnden Organismus haben als etwa die Gewebsflüssigkeit oder Lymphe am Zustandekommen der Lebenserscheinungen einer Metazoenzelle oder das umgebende Wasser am Leben eines einzelligen Organismus.

Abgesehen davon, daß eine derartige Vorherrschaft der Chromosomen unter den sämtlichen Eibestandteilen, wie wir bisher sahen, ganz unbewiesen ist, konzentrieren sich gegen diese Auffassung des „Vererbungsträgers" alle gegen die Micellar-, Bioblasten- und Idioblastenhypothese erhobenen Einwände. Die Vorstellung, daß innerhalb eines komplizierten Stoffgemenges (heterogenen Systems) ein einziger Stoff, und sogar noch ein ungelöster, den Ablauf der Prozesse „determiniere", während die übrigen Bestandteile des Systems indifferent seien, und die völlige Unterlassung der fundamentalen

Frage nach den gegenseitigen Beziehungen, durch welche diese angeblichen isolierten, starren Teilchen sich zu einer einheitlichen Wechselwirkung verbinden müßten: Das alles ist, wie für die hier bekämpfte Auffassung der Lebensprozesse im allgemeinen, so im besonderen verhängnisvoll für ihre Anwendung auf die Entwicklung und Vererbung.

Fassen wir unsere Kritik der ganzen Chromosomenhypothese nochmals zusammen, so ist zu sagen:

Die Tatsachen, die unmittelbar zu ihren Gunsten sprechen sollen, sind mindestens ebensogut im Sinne der physikalisch-chemischen Auffassung zu deuten. Alle übrigen Tatsachen der Entwicklung und Vererbung, überhaupt der ganzen Physiologie, sowie die auf sie gegründeten, mit den exakten Naturwissenschaften harmonierenden theoretischen Anschauungen widerstreben der Chromosomenhypothese auf das Entschiedenste. Dazu kommt ihre große Unfruchtbarkeit, indem sie die wichtigsten Probleme nur verschiebt, ohne für ihre Lösung irgendwelche Handhaben zu bieten. Denn es ist ein verhängnisvoller Irrtum, wenn die Vertreter dieser Hypothese meinen, daß ihre Konstruktionen wirklich Erklärungen darstellen. Wenn man nämlich für jede Eigenschaft des fertigen Organismus eine Anlage im Idioplasma annimmt und dann die erstere aus der letzteren hervorgehen läßt, so sollte man das doch nicht eine „Erklärung“ nennen. Diese wird aber auch dadurch nicht besser, daß man die Anlage willkürlich in ein sichtbares Partikelchen des lebendigen Systems der Zelle, z. B. ein Chromosom, lokalisiert. Ferner verurteilt sich die Chromosomenhypothese selbst durch die Menge von schwierigen Scheinproblemen, die sie erzeugt: wie z. B. die Frage der Einwirkungsweise der Chromosomen auf das Protoplasma, der Bildung von Protoplasmabestandteilen durch „Absendung“ und „Aktivierung“ von Idioblasten, des Zusammenwirkens der einzelnen Chromosomen zu den einheitlichen Zellleistungen etc. Von solchen Scheinproblemen, von denen oben (S. 74 ff.) noch einige weitere angedeutet sind, ließe sich leicht eine recht beträchtliche Fülle zusammenbringen. Dafür ist aber der Blick für eine nicht geringe Zahl wirklicher wichtiger Probleme der Entwicklung und

Vererbung entsprechend eingeengt (vergl. S. 90 ff.). Gewiß müßte man manche Schwierigkeiten der genannten Art in Kauf nehmen, wenn ihre Voraussetzungen tatsächlich und theoretisch gut begründet wären; mit den unbegründeten Voraussetzungen zusammen aber fallen sie besonders schwer ins Gewicht zuungunsten der Chromosomenhypothese.

Zum Teil gehören die zusammengestellten Einwände zu denjenigen, die oben auch schon gegen das ganze micellar-bioblastisch-idioblastische Hypothesengebilde erhoben wurden. Es ist selbstverständlich, daß auch alle übrigen gegen das letztere geltend gemachten schweren Bedenken gleicherweise auf die Chromosomenhypothese, als einen Abkömmling desselben, Anwendung finden.

Epikritische Betrachtung.

Unter solchen Umständen ist es für die Prognose der von der Idioblasten- und Chromosomenhypothese heimgesuchten Entwicklungs- und Vererbungslehre entschieden von Interesse, die psychologischen Gründe dafür aufzusuchen, warum eine so schlechte Hypothese sich so einzubürgern und so lange zu halten vermochte. Mir scheinen hierfür hauptsächlich zwei Gründe in Betracht zu kommen:

Erstens die den Menschen wohl allgemein innewohnende Neigung, als Ursachen für irgendwelche Vorgänge vorzugsweise solche Erscheinungen anzusprechen, die stets direkt sinnlich wahrnehmbar sind. In der Geschichte der Physik z. B. gibt es auch Epochen, wo diese Neigung noch mehr hervortrat; so dauerte es recht lange, bis man die große Bedeutung erkannte, die man heute in der Elektrizitätslehre dem weniger handgreiflichen Dielektrikum zuspricht. Während nun in der modernen Physik diese einseitige Bevorzugung des direkt Sinnlich-Wahrnehmbaren überwunden ist, was z. B. in der völligen Gleichschätzung „aktueller“ und „latenter“ („innerer“ etc.) Energie zum Ausdruck kommt, ist dies in der Biologie noch keineswegs der Fall. Die Bioblastenhypothese, besonders in der Form der Altmannschen „Granula“-Lehre, die Chromosomen-Lehre, die Fibrillen-Lehre, im besonderen die Neurofibrillen-Lehre und ähnliches, wo überall die morphologisch weniger aufdringliche Zwischensubstanz als

indifferent angesehen wird, zeigen jenen zurückgebliebenen Zustand der Biologie zur Genüge. Aber es wird gewiß die Zeit kommen, wo die letztere auch in diesen Punkten die exakten Naturwissenschaften wieder einholt.

Als zweiten der gedachten Gründe möchte ich die in der Naturwissenschaft auch anderweitig zum Ausdruck kommende Tendenz bezeichnen, für Beziehungen zwischen Körpern, für „Kräfte“ und Energieen, materielle Substrate zu suchen, ein Verfahren, das ebenfalls besonders wieder an frühere Entwicklungsstadien der Physik erinnert. Als Beispiele solcher Materialisationen seien der „Wärmestoff“ und die elektrischen „Fluida“ angeführt. Diese Hypothesen hatten eine Berechtigung, insofern sie die Anschauung unterstützten, worin auch der Wert der heutigen Elektronenhypothese liegt. Gerade dieses Vorteils aber, den die Idioblasten- und Chromosomenhypothese vielleicht unbewußt erstrebte, ist sie keineswegs teilhaftig geworden. Eine anschauliche Materialisierung von Eigenschaftsanlagen ist nur möglich auf dem Boden der konsequenten Einschachtelungslehre. Verläßt man diese, was wohl jeder moderne Biologe will, so ist eine gewisse Anschaulichkeit nur wieder von einem konsequenten physikalisch-chemischen Standpunkte aus möglich; dagegen ist für die aus den Elementen der Einschachtelungslehre und der physikalischen Chemie zusammengesetzte idioblastische Chromosomenhypothese eine konsequente und anschauliche Durchführung unerreichbar, ebenso wie dies für analoge Erklärungen der Entwicklung einfacherer materieller Systeme gelten würde (vergl. S. 86).

Somit können wir die Besprechung der heute üblichen Grundlagen und Hypothesen der Entwicklungs- und Vererbungslehre mit dem Ergebnis abschließen, daß diese keineswegs befähigt sind, dem Ausbau der physikalisch-chemischen Auffassung der Entwicklung und Vererbung irgend ein berechtigtes Hindernis zu bereiten.

Übersicht über die Hauptpunkte der Vererbungslehre.

Wenden wir uns nun zu einer orientierenden Betrachtung des gesamten Gebietes der Vererbung, soweit auf diese in einer allgemeinen Entwicklungstheorie Rücksicht genommen werden muß.

Die Probleme der Vererbung erhalten bekanntlich erst ihren spezifischen Inhalt, wenn wir uns zu den höheren, durch Sexualzellen sich fortpflanzenden Organismen wenden. Gehen nämlich die kindlichen Organismen in der Art aus den elterlichen hervor, daß diese auf dem Wege einer äqualen Zellteilung ohne nachfolgende nennenswerte ontogenetische Entwicklung in zwei oder mehrere gleiche Teile zerfallen, so ist es ja kaum anders zu erwarten, als daß auf diese Nachkommen auch die wesentlichen Eigenschaften des Elterorganismus übertragen werden. Die Rätsel der Vererbung treten erst da auf, wo der Kinderorganismus aus einem den Eltern zunächst ganz unähnlichen Teil, nämlich den Sexualzellen oder sonstigen „omnipotenten“[1]) Zellen, entsteht und erst durch eine ontogenetische Entwicklung zum fertigen, systematisch-charakterisierten, seinen Eltern ähnlichen Organismus wird.

Setzen wir an die Stelle der Sexual- oder Fortpflanzungszellen und sonstigen omnipotenten Zellen den allgemeineren Begriff der Keimsubstanz[2]), so kann man die Vererbungslehre darstellen als die Physiologie der Keimsubstanz, mit besonderer Rücksicht auf ihre Entstehung bezw. Abstammung, ihre Beschaffenheit und ihre Veränderungen, wie sie in der ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklung zum Ausdruck gelangen.

Die Entstehung der Keimsubstanz.

Über die Entstehung der Keimsubstanz, bei der wir vorläufig nur an die Fortpflanzung durch Eier und Samen denken, bestehen verschiedene Ansichten. Hier sei nur auf drei derselben hingewiesen:

Nach einer ersten Vorstellung entsteht die Keimsubstanz bei den einzelnen Individuen derart, daß in den sich entwickelnden Organismen in der gleichen Weise wie die übrigen Organe sich auch die Keimdrüsen (Ovarien, Hoden, Fruchtknoten, Staubgefäße, Sporangien und sonstige Komplexe mit omnipotenten Zellen) bilden, deren

1) Unter „omnipotenten“ Zellen werden bekanntlich solche verstanden, aus denen noch der ganze Körper der zugehörigen Organismenart hervorgehen kann (vergl. auch S. 92).

2) Zu dieser gehören auch die Zellkomplexe, aus denen sich bei der Sprossung, Knospung, Stolonenbildung, Rhizomteilung etc. noch ganze Organismen zu entwickeln

spezifische Funktion in der Bildung der Fortpflanzungszellen besteht. Nach dieser Hypothese entwickelt sich aus dem Ei zunächst das Soma[1]) und dieses liefert dann als eines seiner vielen verschiedenen Differenzierungsprodukte erst die Keimsubstanz.

Die zweite zu nennende Hypothese, nämlich die von der „Kontinuität der Keimsubstanz", ist charakterisiert durch die Annahme, daß gewisse Teile des sich entwickelnden Eies, nämlich die Keimsubstanz, dauernd omnipotent bleiben, d. h. die Fähigkeit behalten, sich unter bestimmten Bedingungen zu einem ganzen Organismus zu entwickeln, während die übrigen Zellen, nämlich die rein somatischen oder somatischen schlechthin[1]), diese Fähigkeit einbüßen.

Hier sei besonders für diejenigen Biologen, die aus irgendwelchen Gründen gegen die Kontinuitätshypothese eingenommen sind, sogleich bemerkt, daß diese Hypothese keineswegs einen prinzipiellen Unterschied von Keimsubstanz und Soma annehmen muß, daß vielmehr beide durch Übergänge verbunden sind. Das erhellt, sobald man, was meines Erachtens notwendig ist, die ontogenetische Entwicklung der Keimsubstanz als einen speziellen Fall der Regeneration auffaßt. Verschiedene Zellkomplexe verschiedener Organe haben bekanntlich eine sehr verschieden weitgehende Regenerationsfähigkeit; die primitivste Form der letzteren besteht in dem Vermögen einer Zellart, nur ihresgleichen neu hervorzubringen; ein höherer Grad zeigt sich in der Produktion mehrerer verschiedenartiger Zellen; der höchste Grad in der Erzeugung aller der verschiedenen Zellen eines komplizierten Organismus, in entsprechender Anordnung, durch eine einzige Zellart. Diese letzte größte Regenerationsleistung ist diejenige, welche in der Ontogenie der omnipotenten Keimsubstanz zum Ausdruck kommt.

Die genannten Eigenschaften der Keimsubstanz zeigen sich bei sonst sehr verschiedenen Zellen. Am typischsten sind sie ja bei den

vermögen. Durch die Bezeichnung „Keimsubstanz" soll keine besondere theoretische Vorstellung angedeutet werden, wie es durch den Gebrauch des Wortes „Keimplasma" etwa geschehen könnte (vergl. Weismanns „Keimplasmatheorie").

1) Ich will die Bezeichnungen „Soma" und „somatisch" beibehalten, obgleich sich der zugehörige Begriff mit dem gleichbenannten Begriffe Weismanns nicht ganz deckt; sollten sich darüber Mißverständnisse einstellen, so würde zu einer neuen Bezeichnung zu greifen sein.

Sexualzellen. Ferner finden wir sie aber auch bei Furchungszellen, und zwar bei manchen Organismen nur in sehr frühen, bei manchen auch noch in späteren Stadien der Eifurchung. Endlich ist diese Omnipotenz auch noch vorhanden bei manchen nicht „rein somatischen“ (siehe oben S. 92) Zellen verschiedener fertig entwickelter höherer Organismen, nämlich derjenigen Tiere bezw. Pflanzen, die sich durch Sprossung, Knospung, Stolonen- oder Ausläuferbildung, Rhizomteilung, Zwiebel- und Knollenbildung, Stecklinge etc. fortzupflanzen vermögen. In den letzteren Fällen handelt es sich um Zellen, die trotz „somatischer“ Differenzierung sich die Eigenschaften der Keimsubstanz bewahrt haben, entsprechend der, vielen somatischen Zellen eigentümlichen, allgemeinen Regenerationsfähigkeit. Wir können solche Zellen als „Keimsubstanz mit somatischer Differenzierung“ bezeichnen oder auch als „omnipotente somatische Zellen“.

Für die Keimsubstanz ist es charakteristisch, daß ihre omnipotente Entwicklungsfähigkeit lange Zeit trotz der vorsichgehenden Ontogenese des zugehörigen Somas latent bleiben kann und nur unter ganz bestimmten äußeren Bedingungen in die Erscheinung tritt; dasselbe gilt ja überhaupt für jedes Regenerationsvermögen.

Wollen wir der Vorstellung von der Kontinuität der Keimsubstanz einen recht prägnanten Ausdruck verleihen, so können wir sagen: das lebendige Material, von dem z. B. die Säugetiere phylogenetisch abstammen, ist nicht gegeben durch die Reihe der fertigen Somata der Gasträaden, Würmer, Chordaten, Fische, Amphibien und Reptilien, sondern nur durch die Generationen der unentwickelten[1]) Keimsubstanzen dieser Tiere. Die Soma-Vorfahren sind nur die ernährenden, schützenden, befruchtungvermittelnden Behälter der ihnen zuerteilten Keimsubstanz. Das gilt ganz allgemein für das Verhältnis von Soma und Keimsubstanz, wie auch schon Weismann bemerkt hat.

Eine dritte Anschauungsweise endlich wird durch die „Biogenesistheorie“ von O. Hertwig dargestellt. Diese lehnt die Gegenüberstellung von Soma und Keimsubstanz überhaupt ab und erkennt allen Zellen des fertigen Organismus noch eine omnipotente

1) Wenn wir von etwaiger Einschaltung von Generationswechsel absehen.

Entwicklungsfähigkeit zu, also das Vermögen, sich unter geeigneten Bedingungen noch zu einem ganzen Organismus zu entwickeln (b, S. 632). Nach dieser Annahme würde also aus einer Ganglienzelle, einer Drüsenzelle, einer Muskelzelle etc. eines Menschen unter „geeigneten Bedingungen" wieder ein ganzer Mensch, und zwar derselbe, von dem die betreffende Zelle herstammte, hervorgehen können.

Von den drei Abstammungshypothesen der Keimsubstanz scheint mir die zweite, nämlich die Kontinuitätshypothese von der oben bezeichneten Form, die einfachste und nächstliegende zu sein. Die Eigentümlichkeiten und Leistungen der Keimsubstanz lassen sich, soweit dies zurzeit überhaupt möglich ist, auf diesem Wege am leichtesten verständlich machen. Doch sei sogleich bemerkt, daß dasjenige, was man sich mit Hilfe dieser Hypothese zurechtlegen kann, in umständlicherer Weise wohl auch von den anderen abzuleiten sein dürfte.

Und ferner sei ausdrücklich betont, daß die Kontinuitätshypothese von der „Determinantenlehre" ihres Hauptvertreters Weismann völlig unabhängig ist, was, wie es scheint, nicht immer beachtet wurde.

Wirklich beherzigenswerte Gründe gegen die obige Fassung der Kontinuitätshypothese sind meines Erachtens niemals vorgebracht worden. Zwar hat man den Einwand erhoben, daß sich bei vielen Organismen diejenigen Zellen, aus denen die Sexualzellen hervorgehen, erst spät von den somatischen Zellen abgrenzen, so daß die Keimsubstanz nicht unverändert der anfänglichen Eisubstanz gleichgeblieben sein könne. Dieser Einwand, der übrigens in gleicher Weise auch die Biogenesishypothese träfe, wiegt aber leicht; denn gewisse morphologische Änderungen können gewiß in der Keimsubstanz vor sich gehen, ohne daß ihr chemisch-physikalischer Bau, und damit ihre physiologischen Eigenschaften, im besonderen ihre Entwicklungsfähigkeit, wesentlich modifiziert werden. Das beweist ja schon die Tatsache, daß, wie bereis erwähnt wurde, auch somatische Zellen, also weitgehend morphologisch differenzierte Eisubstanz, die omnipotente Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz sich bewahrt haben können; und im gleichen Sinne spricht der Um-

stand, daß ein und dieselbe Keimsubstanz die morphologisch doch recht verschiedenen aber hinsichtlich ihrer vererbbaren Anlagen gleichen Ei- und Samenzellen zu liefern vermag. Irgendwelche morphologische Änderungen erfährt die Keimsubstanz, unbeschadet ihrer omnipotenten Entwicklungsfähigkeit, doch stets im Laufe der Ontogenese des zugehörigen Somas, und diese morphologischen Änderungen sind im allgemeinen wohl um so größer, je später sich die Keimsubstanz gegen die somatischen Zellen abgrenzt.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die hier vertretene Hypothese auch nicht durch die Einwände getroffen wird, die Lotsy (S. 93 ff.) gegen die Kontinuitätshypothese in der von Weismann ausgebildeten Form erhebt.

Eine Kritik der umständlichen ersten Abstammungshypothese der Keimsubstanz (vergl. S. 91 f.) mag unterbleiben. Gegen die „Biogenesishypothese" ferner spricht zunächst die Tatsache, daß die Entwicklungsfähigkeit isolierter Blastomeren späterer Furchungsstadien im allgemeinen eine sehr beschränkte und bald ganz erlöschende ist. Auch müßten gar zu hohe Anforderungen an die „äußeren Bedingungen" gestellt werden, unter denen etwa eine menschliche Ganglienzelle sich zu einem ganzen Menschen zu entwickeln Anlaß fände. Sollte unter derartigen Bedingungen nicht vielleicht auch eine kleine Quantität Eiweiß, Fett oder Wasser dieselbe „Entwicklungsfähigkeit" aufweisen?

Stellen wir uns auf den Standpunkt der Kontinuitätshypothese, nehmen also im höheren Organismus ein Soma und eine Keimsubstanz an, so gehört zum Problem der Entstehung und Abstammung der letzteren auch die Frage, wie sie sich phylogenetisch aus dem ursprünglich einheitlichen, Soma und Keimsubstanz zugleich darstellenden, lebendigen System heraus entwickelt habe; wie ein Teil des ganzen Systems die Eigentümlichkeit gewonnen habe, sich von der ontogenetischen Entwicklung vorläufig auszuschließen, oder auch diese nur teilweise mitzumachen, ohne die Fähigkeit einer vollständigen ontogenetischen Entwicklung einzubüßen. Hinsichtlich dieser Fragen müssen wir uns einstweilen damit begnügen, zu sehen, wie sich beim Übergang von den niederen zu den höheren Organismen allmählich diese Trennung von Soma und Keimsubstanz vollzogen hat (vergl. z.

B. O. Hertwig b, S. 265 ff.). Auf die Möglichkeiten, wie man etwa das verschiedene Verhalten dieser beiden Teile hinsichtlich der Entwicklung verständlich machen könnte, will ich hier nicht eingehen.

Die Beschaffenheit der Keimsubstanz (ontogenetische und phylogenetische Entwicklungsfähigkeit).

Die Beschaffenheit der Keimsubstanz ist eine sehr vielseitige.

Zunächst haben wir zu bedenken, daß sie stets ein lebendiges System mit allen wesentlichen Eigentümlichkeiten eines solchen ist (vergl. auch S. 192 ff.).

Sodann zeichnet sie sich durch ihre eigenartige Entwicklungsfähigkeit aus:

Diese ist einerseits eine ontogenetische und besteht darin, daß die Keimsubstanz sich unter bestimmten Umständen aus einem relativ einfachen Zustande zu dem komplizierten Gebilde eines höheren Organismus entfalten kann. Und zwar in der Weise, daß das entwickelte Individuum nicht nur der Art (Spezies) nach, sondern auch häufig hinsichtlich vieler ganz besonderer individueller Eigentümlichkeiten mit seinen Eltern übereinstimmt, worin man die vornehmste Tatsache der Vererbungslehre zu erblicken pflegt.

Als Grundlage für diese ontogenetische Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz nimmt man eine Kombination von „Anlagen" an, in welcher der fertige Organismus schon potentia enthalten ist. Über die Natur dieser Anlagen gehen die Anschauungen sehr weit auseinander. Es steht sich hier besonders die oben erörterte physikalisch-chemische und die bioblastisch-idioblastische Auffassung gegenüber. Angesichts der außerordentlichen Schwächen der letzteren bleibt nur die physikalisch-chemische Vorstellung übrig, von deren Anwendung auf die Entwicklungsprobleme später die Rede sein wird (vergl. S. 188 ff.).

Zwar hat man der physikalisch-chemischen Vorstellung den Vorwurf gemacht, daß sie „Einzelabänderungen vom Keim aus" nicht erklären könne, da solche nur beim Vorhandensein von „repräsentativen Teilchen" möglich seien (Weismann, b, Bd. II, S. 215). Dieser Vorteil der Idioblasten-, Chromosomen- und im besonderen der „Determinantenlehre" ist aber auch nur ein scheinbarer, was sich

sogleich zeigt, wenn wir nach der phylogenetischen Entstehung dieser repräsentativen Teilchen fragen (s. S. 77). Die Schwierigkeit, welche diese Auffassung jetzt bietet, ist viel größer als der Vorteil, den man ihr in der vorerwähnten Frage zusprechen dürfte, ganz abgesehen von all den oben genannten Mängeln dieser Hypothesen. Wir müssen eben gestehen, daß wir auf diesem Gebiet noch nicht so weit ins einzelne eindringen können, um so feine Mechanismen, wie den der „Einzelabänderungen" schon durchschauen zu können. Doch möchte ich bemerken, daß m. E. die physikalisch-chemische Auffassung hier durchaus keine prinzipiellen Schwierigkeiten findet, worauf es jetzt zunächst ankommt. Die Entwicklung eines materiellen Systems kann doch sehr verschieden modifiziert werden, und zwar so, daß ihr Ergebnis entweder im allgemeinen, d. h. in vielen, oder in wenigen Punkten verändert erscheint, ohne daß jedoch zwischen solchen „Gesamt-" und „Einzelabänderungen" eine Grenze zu ziehen wäre. Wenn nun diese Entwicklung allein auf Grund der eigenen Kräfte des Systems geschieht, das System also ein freies ist (vergl. S. 184 u. 192 f.), so werden wir doch jede Änderung schon in der ursprünglichen Konfiguration oder Anlage des Systems irgendwie als bedingt annehmen müssen. Als ursprüngliche Bedingung für spätere Einzelabänderungen können wir unter anderem minimale Verschiedenheiten in den Mengenverhältnissen der Bestandteile des chemischen Systems annehmen; wie es z. B. häufig von einem minimalen Überschuß einer bestimmten Substanz abhängt, ob eine bestimmte Farbenreaktion, ob ein Niederschlag oder ein Lösungsprozeß etc. auftritt. Ich sehe beim weiteren Verfolgen dieser Vorstellung gar keine prinzipiellen Schwierigkeiten, so daß ich hierauf nicht näher eingehen zu müssen glaube (vergl. hierüber auch S. 145).

Die Erklärung für die vorhin charakterisierte Ähnlichkeit zwischen Nachkommen und Eltern, sowie auch den früheren Vorfahren, ist ohne prinzipielle Schwierigkeiten, besonders wenn wir uns auf den Boden der Kontinuitätshypothese stellen. Wir brauchen ja nur daran zu denken, daß, z. B. bei der Parthenogonie, der kindliche Körper aus dem Stoff derselben Eizelle hervorgegangen ist, aus welchem auch das elterliche Soma entstanden war; nur hatte

von dem sonst im wesentlichen gleichen Ursprungsmaterial des kindlichen und elterlichen Körpers der für den letzteren bestimmte Anteil sich sofort entwickelt, während der andere anfangs in seiner Entfaltung gehemmt wurde. Prinzipiell das gleiche wie für den einfachsten Fall der Parthenogonie gilt auch für die Amphigonie oder geschlechtliche Fortpflanzung.

Die Ähnlichkeit von Kind und Eltern ist daher nicht überraschend und kaum ein Problem; viel schwerer sind gewisse Verschiedenheiten (vergl. S. 97) zwischen beiden zu erklären. Für die letzteren sei hier schon ein Grund angegeben, nämlich der zwischen zwei gleichartigen Naturkörpern stets vorhandene individuelle Unterschied, welcher bei so komplizierten Systemen, wie sie der vollentwickelte höhere Organismus darstellt, besonders merklich sein werden. Wir können also zwischen je zwei Teilungsprodukten derselben Keimsubstanz, ganz unabhängig von der hernach zu besprechenden phylogenetischen Variabilität, schon eine gewisse individuelle (fluktuierende) Variabilität annehmen, zu welcher dann noch die aus der Amphimixis resultierende Variabilität hinzukommt.

Neben der ontogenetischen Entwicklungsfähigkeit müssen wir der Keimsubstanz dann auch noch eine phylogenetische zusprechen. Diese ist offenbar mit der durch innere Faktoren bedingten fortschreitenden Variabilität der Organismen identisch (vergl. S. 38 f. und 50 f.). Wir sahen früher, daß wir durch verschiedene Gründe zu der Annahme einer fortschreitenden Variabilität gedrängt werden. Demnach müssen wir uns also vorstellen, daß die Keimsubstanz sich unter maßgebender Mitwirkung innerer Faktoren von Deszendenten zu Deszendenten fortschreitend verändert. Die Art und Weise, wie sich hierbei Soma und Keimsubstanz zueinander verhalten, sei an einem Schema etwas näher erläutert:

Wir wollen von einem aus Keimsubstanz und Soma bestehenden Individuum ausgehen und der Einfachheit halber annehmen, daß das gedachte Individuum sich nur einmal fortpflanze und zwar ohne Befruchtung. Wenn sich dies bei seinem Kind, Enkel usw. stets in gleicher Weise wiederholt, so erhalten wir eine Kette von Generationen, wie in folgendem Schema (Fig. 5) veranschaulicht werden soll.

Je eine Senkrechte S und ein horizontaler Abschnitt K stellen zusammen ein Individuum dar, dessen Soma durch S und dessen Keimsubstanz durch K wiedergegeben ist. Da, wo sich S_2 erhebt, hat die Keimsubstanz des Individuums I sich von diesem abgelöst und ist zum Individuum II geworden, dessen Soma S_2 und Keimsubstanz K_2 bildend; aus K_2 geht dann S_3 und K_3 hervor usw. Ob z. B. K_2 unmittelbar aus K_1 hervorgeht, oder erst von S_2 wieder gebildet wird, ist für das folgende gleichgültig. Doch wollen wir an der ersteren Annahme, wie sie in der Theorie der Kontinuität der Keimsubstanz zum Ausdruck kommt, festhalten.

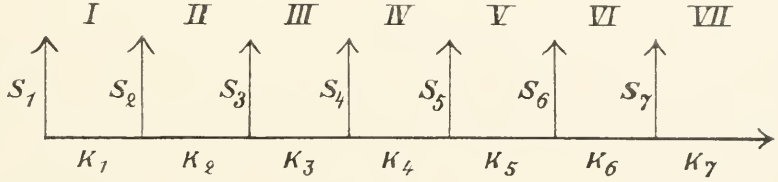


Fig. 5.

Wir können es nun zunächst als Tatsache betrachten, daß im Verlauf der Soma-Generationen eine fortschreitende Variabilität zum Ausdruck kommt. Die fortschreitenden Variationen werden freilich nur in großen Intervallen merklich; wenn sie daher auch für den Übergang von S_1 zu S_2 durchschnittlich nur ein Differential betragen, so müssen wir gleichwohl ihr Vorhandensein theoretisch fordern. Inwieweit die fortschreitenden Variationen von der inneren Variabilität der Organismen und wieweit sie von den äußeren Faktoren und ihren fortschreitenden Änderungen abhängen, das ist hierfür im Prinzip gleichgültig; diese Frage wird später erörtert werden.

Da wir nun nach der Kontinuitätshypothese die naheliegende Annahme machen, daß die Keimsubstanz mit ihren wesentlichen Eigentümlichkeiten nicht erst von den somatischen Zellen gebildet wird, sondern vor der Differenzierung der letzteren schon vorhanden ist, und da ferner bewiesen wurde (S. 23 ff.), daß die für die Phylogenie charakteristischen fortschreitenden Änderungen der fertigen Organismensomata, das heißt die somatogenen Abänderungen, durchaus keine äquivalenten Rückwirkungen auf die Keimsubstanz haben: so ist der Schluß

zu ziehen, daß die für die Phylogenie charakteristischen fortschreitenden Variationen der fertigen Organismensomata durch eine innerlich begründete fortschreitende Variabilität der Keimsubstanz bedingt sind, daß die letztere also von Deszendenten zu Deszendenten ebenso aus vornehmlich inneren Ursachen variiert, wie die sie umschließenden Somata. Die etwaige Vorstellung, daß die Variationen der Keimsubstanz nicht in erster Linie innere Ursachen haben, sondern durch die fortschreitenden Änderungen der Außenwelt bewirkt würden, bedarf nach den obigen Ausführungen (vergl. S. 21 f.) wohl kaum einer besonderen Widerlegung. Sie wird durch die gegen den ersten Satz des Lamarckismus gemachten Einwände erledigt; ganz abgesehen von der im gleichen Sinne sprechenden Tatsache, daß die im Innersten des Soma eingebettete Keimsubstanz nur ausnahmsweise von direkten Einwirkungen der Außenwelt getroffen wird. Ausdrücklich hervorheben möchte ich dies im Hinblick auf die schon oben zitierte Äußerung von Weismann, daß bei völliger Konstanz der äußeren Einflüsse „keinerlei Variation und keine Entwicklung eingetreten wäre“ (b, Bd. II, S. 428 f.).

Auch einem anderen Einwand, der vielleicht gemacht werden könnte, sei im voraus begegnet, daß nämlich die Keimsubstanz an und für sich, d. h. die Ei- und die Samensubstanz für sich allein, keine fortschreitende Variabilität besäßen, sondern diese erst durch ihre Vermischung bei der Befruchtung (bzw. Konjugation) erhielten. Diese Anschauung wurde schon oben abgelehnt (S. 38), teils auf Grund von Tatsachen, teils durch die Überlegung, daß zwei nicht fortschreitend variable Komponenten, nämlich nicht fortschreitend veränderliche Ei- und Samensubstanz, wohl kaum ein fortschreitend veränderliches Produkt bilden dürften.

Endlich umfaßt das Problem der Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz auch die Tatsache, daß manche Organismenarten selbst im Laufe langer Zeiten an der phylogenetischen Entwicklung nur geringen, manche fast gar keinen Anteil genommen haben, also nahezu konstant geblieben sind. Zu diesen „konservativen“ Formen gehört wohl ein großer Teil der heutigen Einzelligen, ferner unter

den mehrzelligen Organismen z. B. gewisse Crinoiden, die schon im Silur, Brachiopoden, die schon im Cambrium vorkamen, etc. Auf die Frage, wie sich bei diesen Erscheinungen die phylogenetische Variabilität der Keimsubstanz verhalte, und welche Faktoren dieses Verhalten bedingen, sei erst später eingegangen (S. 168 f. u. 235). Dort sei auch der Vollständigkeit halber die Tatsache der Rückschläge oder des Atavismus kurz behandelt.

Die Veränderungen der Keimsubstanz (Ontogenie und Phylogenie).

Nach dieser ausführlicheren Besprechung der ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz ist über ihre wirklich stattfindenden Veränderungen, wie sie die Ontogenie und Phylogenie dartun, nur noch einiges hinzuzufügen.

Selbstverständlich spielen bei diesen Veränderungen der Keimsubstanz neben den ihr selbst innewohnenden Entwicklungsfaktoren, nämlich ihrer ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit, auch die Faktoren ihrer Umgebung, also äußere Einwirkungen, eine wichtige Rolle, und dieser wollen wir hier hauptsächlich noch gedenken. Hernach werden dann noch die Beziehungen zwischen den ontogenetischen und phylogenetischen Änderungen, die im „biogenetischen Grundgesetz“ ihren Ausdruck finden, zu behandeln sein.

Was zunächst die ontogenetischen Änderungen der Keimsubstanz oder ihre Ontogenie betrifft, so ist diese bekanntlich mehr oder minder streng an bestimmte äußere Bedingungen gebunden. Und zwar sind diese Bedingungen im allgemeinen weniger eng begrenzt bei den außerhalb des mütterlichen (elterlichen) Körpers sich entwickelnden Organismenarten, also bei denen mit Larvenentwicklung; dagegen sind die Organismen mit Embryonalentwicklung, also diejenigen, welche zunächst einen beträchtlichen Teil ihrer Ontogenie innerhalb des mütterlichen Körpers durchlaufen, im allgemeinen peinlicher von dieser ihrer Umgebung abhängig. Die normale Ontogenie eines Säugetiereies erfordert die Einbettung in den Uterus (ev. auch Eileiter etc.) derselben Tierart, der in manchen Fällen vielleicht

auch durch denjenigen einer anderen Spezies vertreten werden könnte[1]). Hier ist es also ein chemisch und physikalisch ziemlich spezifischer und mannigfaltiger Bedingungskomplex, der die Entwicklung mitbestimmt. Wenn man den fortwährenden Stoff- und Energiewechsel zwischen der lebendigen Keimsubstanz und ihrer Umgebung berücksichtigt, und wenn man ferner die aus der Entwicklungsmechanik bekannten Abänderungen bedenkt, welche die Ontogenie durch gewisse Veränderungen der äußeren Bedingungen erfährt, so erscheint die Bedeutung der letzteren für die ontogenetische Entwicklung der Keimsubstanz genügend charakterisiert. Es sei daher nur noch zusammenfassend bemerkt, daß die nie ganz gleichen äußeren Bedingungen, zusammen mit der erwähnten fluktuierenden Variabilität der einzelnen Keimsubstanzindividuen und den Folgen der Amphimixis, offenbar die Ursache für die Verschiedenheiten zwischen Eltern und Kindern ausmachen; denn bei dicht aufeinanderfolgenden Deszendenten wird wohl die fortschreitende phylogenetische Variabilität nur ausnahmsweise einmal schon merklich werden.

Für die phylogenetische Entwicklung der Keimsubstanz sind die in Betracht kommenden äußeren Bedingungen und deren Veränderungen noch mannigfaltiger. Denn einerseits wird jede im Ei gegen die somatischen Zellen sich isolierende Keimsubstanz durch die Ontogenie des Soma unter fortschreitend sich ändernde Bedingungen gesetzt: Zunächst in dem sich entwickelnden Embryo, dann im Ovarium des fertigen Organismus und endlich in seinem Uterus oder in der unbelebten Außenwelt, wozu sich dann noch die Befruchtung gesellt. Andererseits wiederholt sich dieser Wechsel der äußeren Bedingungen in bestimmten Perioden, indem die Keimsubstanz, oder genauer die die Kontinuität erhaltenden Teile der sich stetig vermehrenden Keimsubstanz, jedesmal den Einwirkungen eines neuen Soma etc. ausgesetzt werden.

Alle die gedachten äußeren Bedingungen unterliegen im allgemeinen auch fortschreitenden Änderungen; die Faktoren der unbelebten Natur infolge der fortschreitenden Entwicklung unserer Erde,

1) Versuche hierüber sind m. W. nicht angestellt worden, wären aber in mancher Hinsicht von Interesse.

die in den Somata gegebenen infolge ihrer (ontogenetischen und) phylogenetischen Entwicklung. Für diese fortschreitenden Änderungen des Soma aber sei nochmals daran erinnert, daß sie ihre Hauptquelle in der fortschreitenden Variabilität oder phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit der Keimsubstanz besitzen.

Als Ursache der phylogenetischen Entwicklung der Keimsubstanz haben wir also einerseits und vor allem ihre fortschreitende Variabilität anzusprechen, andererseits als mitwirkendes Moment die genannten fortschrittlich variablen äußeren Faktoren. Hinsichtlich der Bedeutung dieser Faktoren sei nochmals wiederholt, daß sie ohne das Vorhandensein der fortschreitenden (phylogenetischen) Variabilität der Keimsubstanz für sich allein niemals imstande wären, die phylogenetischen Änderungen der letzteren zu bewirken, ebensowenig wie sie etwa ein Eiweißkörnchen oder einen Öltropfen zu einer solchen Entwicklung bringen könnten.

Das „biogenetische Grundgesetz".

Aus den dargestellten Anschauungen ergibt sich als Konsequenz eine bestimmte Auffassung jener Beziehungen zwischen Ontogenie und Phylogenie, die man durch die Definition des „biogenetischen Grundgesetzes" kurz zu charakterisieren versucht hat. Man kann die Tatsache, um die es sich hier handelt, etwa folgendermaßen aussprechen:

Es besteht nicht nur eine Ähnlichkeit zwischen dem fertigen höheren Organismus und seinen näheren Vorfahren, sondern auch alle die verschiedenen Formzustände, die ein höherer Organismus in seiner ontogenetischen Entwicklung durchläuft, ähneln jeweils bestimmten Gliedern der phylogenetischen Entwicklungsreihe, und zwar derart, daß die Ontogenie im großen und ganzen einer in kurze Zeit zusammengedrängten Phylogenie gleicht.

Dieser Sachverhalt wird wohl heute von den meisten Biologen so aufgefaßt und interpretiert, daß die Abweichungen, welche die Ontogenie (individuelle oder Keimesentwicklung) z. B. eines Säugetieres von seiner Phylogenie (Stammesentwicklung) zeigt, nur dadurch verursacht seien, daß die gesamten äußeren Bedingungen, unter denen

die beiden Entwicklungsreihen verlaufen sind, offenbar erheblich voneinander verschieden waren. Das heißt aber mit anderen Worten: Wenn das Säugetierei während seiner ganzen ontogenetischen Entwicklung unter genau die gleichen äußeren Bedingungen versetzt werden könnte, die der ursprünglich einzellige Organismus, von dem die Säugetiere abstammen, im Laufe seiner Phylogenie erfahren hat, so würde dieses Ei nach der obigen Anschauung nunmehr ohne Abweichungen völlig die gleichen Entwicklungen durchlaufen, wie jener einzellige Organismus bei seiner phylogenetischen Entwicklung zum Säugetier.

Eine solche Auffassung aber entspricht nicht der Wirklichkeit. Man kann doch das Säugetierei nicht mit jenem einzelligen Organismus identifizieren, da das erstere schon eine lange phylogenetische Entwicklung durchgemacht hat, während der letztere noch ziemlich im Anfang einer solchen stehen würde. Daran wird durch die Tatsache nichts geändert, daß beide gleicherweise einzelne Zellen sind.

Vielmehr halte ich die folgende Anschauung, die in ähnlicher Weise schon O. Hertwig geäußert hat (b, S. 593), für die der Wirklichkeit entsprechende: Selbst unter gleichen Bedingungen würde der Entwicklungsgang des Säugetiereies und des gedachten einzelligen Urorganismus ein erheblich verschiedener sein. Und zwar wären diese Abweichungen in erster Linie durch die Verschiedenheit des Ausgangsmateriales bestimmt, neben welcher selbstverständlich auch die in Wirklichkeit verschiedenen äußeren Bedingungen in Rechnung zu ziehen sind. Wie groß die Bedeutung der ersteren ist, geht schon aus der ganz ungleichen Entwicklungsfähigkeit der beiden Systeme hervor: Ihr zufolge konnten aus dem Material des einzelligen Urorganismus noch alle späteren Organismen hervorgehen, während das Säugerei nur noch Säugetiere bezw. in der Fortsetzung dieses phylogenetischen Zweiges etwa erscheinende Tiere zu liefern vermöchte. Demnach hängt es vornehmlich von der besonderen, auf inneren Ursachen beruhenden, Entwicklungsfähigkeit des Säugetiereies ab, daß bei seiner Ontogenese z. B. die Kiemen nicht mehr vollständig zur Entwicklung kommen u. dergl. Wie sollten auch allein die äußeren Be-

dingungen die Umwandlung der Kiemenbogen in Gehörknöchelchen, Zungenbein etc. zustande gebracht haben! Wir treffen hier wieder auf den Grundirrtum des Lamarckismus (vergl. S. 21 f.).

Was ferner die trotz der Abweichungen im allgemeinen vorhandene Ähnlichkeit der Keimesentwicklung und Stammesentwicklung der Säugetiere anbetrifft, so erscheint diese auf Grund zweier Tatsachen ganz verständlich: Beide Entwicklungsprozesse gehen von einer einzelnen Zelle aus, und beide führen zu dem gleichen Ergebnis, nämlich dem fertigen Säugetierkörper. Daß aber schon dieses gleiche Entwicklungsergebnis nicht ohne eine weitgehende Ähnlichkeit der beiden Prozesse erreicht werden kann, ist einleuchtend. Man könnte die Ontogenie und Phylogenie in der besprochenen Hinsicht z. B. mit der Verbrennung zweier verschiedener Kohlehydrate vergleichen, die bei ähnlichem aber keineswegs gleichem Ausgangsmaterial und ähnlichen Umwandlungsprozessen die gleichen Verbrennungsprodukte liefern.

Es bedarf keiner weiteren Ausführung, daß die Begriffe der „Palingenie“ oder „Auszugsentwicklung“ und der „Cenogenie“ oder „Störungs-(Fälschungs-)Entwicklung“ mit der dargelegten Auffassung nicht im Einklang stehen.

Die Zweckmäßigkeit der Organismen.

Die Untersuchungen und Ausführungen über die Zweckmäßigkeit der Organismen leiden überaus häufig an dem Mangel einer genügenden Scheidung verschiedener mehr oder weniger verwandter Begriffe und geben hauptsächlich dadurch zu der großen Verwirrung Anlaß, die auf diesem ausgedehnten, wichtigen und viel bearbeiteten Gebiete herrscht. Besonderen Nachdruck legen möchte ich daher auf eine strenge Scheidung und Definierung der hier vorwiegend in Betracht kommenden Begriffe, nämlich derjenigen des „Zweckes", der „Zweckmäßigkeit", der „wahren Teleologie" (wirkliche Finalität), der „teleologischen Ausdrucksweise" und „falschen oder Pseudoteleologie" (fehlende Finalität).

Alles, was die eben genannten verschiedenen Begriffe betrifft, wird häufig ohne weitere Unterscheidung schlechthin als „Teleologie" bezeichnet. Kein Wunder daher, daß eine Verständigung so schwer ist; denn da schon die Ansichten über den Gebrauch eines und desselben hierher gehörigen Begriffes oft auseinandergehen, welche Schwierigkeiten einer Einigung müssen erst entstehen, wenn verschiedene Autoren mit derselben Bezeichnung verschiedene Begriffe meinen.

Da uns hier in erster Linie die Zweckmäßigkeit der Organismen interessiert und da sie fast allein die ganze Teleologie ins Leben gerufen hat, so ist nur sie in der Überschrift dieses Kapitels berücksichtigt worden. In ihm wollen wir, anknüpfend an die erwähnte allgemeine Orientierung über die verschiedenen teleologischen Begriffe, auf die heutigen Erklärungsweisen der organischen Zweckmäßigkeit nochmals zurückkommen; und zwar werden wir, da die zurzeit ge-

bräuchlichen monistischen Erklärungsversuche, im besonderen die darwinistischen und lamarckistischen, schon oben behandelt worden sind, hier vornehmlich nur auf eine Kritik der dualistischen (teleologischen, neovitalistischen) etwas näher eingehen.

Allgemeine Orientierung über die „Teleologie" im weitesten Sinne.

Die folgenden Darlegungen über die Begriffe des Zweckes und der Zweckmäßigkeit und über die verschiedenen „teleologischen" Begriffe könnten vielleicht manchem Leser etwas zu ausführlich erscheinen. Demgegenüber möchte ich aber betonen, daß nur durch eine systematische und entsprechend umfassende Bearbeitung dieses Gebietes eine gewisse Klärung desselben erreichbar ist. Denn der Mangel einer systematischen Behandlung alles dessen, was zur Teleologie gerechnet wird, dürfte nicht zum wenigsten die Schuld daran tragen, daß trotz der großen bezüglichen Literatur hier noch so wenig Verständigung erzielt ist.

Wir wollen zunächst auf die verschiedenen Vorgänge und Sachverhalte, zu deren Erklärung wir die auszuführenden Begriffsbestimmungen brauchen, einen Blick werfen. Hier müssen streng auseinander gehalten werden:

Erstens Vorgänge und Erklärungen, in denen Zwecke eine Rolle spielen, von solchen, bei den „Zweckmäßigkeit" vorliegt; denn es können, wie wir sehen werden, die ersteren ohne die letztere vorhanden sein, und umgekehrt. Gleichwohl wird von sehr vielen Autoren in beiden Fällen ohne weitere Unterscheidung von „Teleologie", „Finalität" u. s. w. gesprochen.

Zweitens müssen peinlich unterschieden werden: Vorgänge, bei denen unbestreitbar tatsächlich „Zweckfaktoren"[1]) mitwirken, wie z. B. bei menschlichen Zweckhandlungen, von solchen, bei denen „Zweckfaktoren" nach fast allgemeiner Annahme fehlen, in denen

1) Als „Zweckfaktoren" bezeichne ich Zweckvorstellungen und Triebe sowie ihre physischen „Parallelprozesse", die für die Zweck- bzw. Triebhandlung charakteristisch sind. Näheres hierüber S. 111.

aber ein Zweck durch die Ausdrucksweise eingeführt werden kann und häufig eingeführt wird, wie z. B. bei manchen einfachen Vorgängen in der unbelebten Natur (vergl. S. 114).

Drittens kann bei der zweiten der genannten Gruppen von Vorgängen zudem tatsächlich Zweckmäßigkeit vorliegen oder auch fehlen.

Viertens ist auf jene wichtige Gruppe von Vorgängen hinzuweisen, bei denen unbestreitbar Zweckmäßigkeit vorhanden ist, wo es aber noch nicht feststeht, ob letztere unter Mitwirkung von „Zweckfaktoren" zustande kommt oder ohne solche. Hier haben wir das eigentliche Arbeitsfeld der heutigen vitalistischen Teleologie oder Lehre von der Finalität, Zielstrebigkeit usw. vor uns. So wird hier im Bereich gewisser biologischer Vorgänge die Teleologie zum Vitalismus oder Neovitalismus.

Wenden wir uns zunächst zur Charakterisierung des Verhältnisses von „Zweck" und „Zweckmäßigkeit".

Zweck und Zweckmäßigkeit.

Der Zweck eines Strebens kann einerseits die Erreichung von etwas „Zweckmäßigem" sein, wie z. B. einer „zweckmäßigen" Maschine, d. h. einer solchen, mit der man gewisse erstrebte nützliche oder erfreuliche Verrichtungen vollziehen kann. Andererseits kann der Zweck eines Strebens aber auch etwas sein, was wir durchaus nicht als „zweckmäßig" zu bezeichnen pflegen. Dies würde z. B. für den Fall gelten, daß jemand danach strebt, zu seinem Vergnügen ein Felsstück zum Herabrollen von einem Bergabhang zu bringen. Dieses Streben könnte außerdem noch erfolglos sein, so daß die Anstrengung offenbar unzweckmäßig wäre.

Wollte man auch in solchen Fällen prinzipiell den Begriff der Zweckmäßigkeit noch zulassen, so müßte man sagen: Die ausgeführte Muskelbewegung war so, wie sie beabsichtigt wurde, also „dem Zwecke gemäß", aber der „Endzweck" wurde nicht erreicht. Wir finden nämlich, daß die meisten Zweckhandlungen sich aus mehreren Phasen zusammensetzen, deren erstere man nach der Ausdrucksweise der Juristen als „Vorsätze" bezeichnen kann, während die letzte, der

Endzweck, schlechthin „Zweck“ zu nennen wäre. Es können nun in Wirklichkeit entweder nur Vorsätze oder auch der Zweck erreicht werden. In den genannten Beispielen würden wir aber tatsächlich in keinem der beiden Fälle von Zweckmäßigkeit sprechen; denn auch den erreichten „Zweck“, nämlich das Vergnügen oder die Befriedigung, welche das betreffende Individuum beim Herabrollen des Felsblockes etwa empfindet, würden wir nicht als etwas „Zweckmäßiges“ bezeichnen.

Ferner kann das Ziel des Strebens sogar etwas „Unzweckmäßiges“ sein, wenn z. B. jemand aus Übermut oder Zorn eine zweckmäßige Einrichtung absichtlich zerstört. Auch hier würde weder der erreichte „Vorsatz“, nämlich die Zerstörung der zweckmäßigen Einrichtung, noch auch der erreichte „Zweck“, nämlich die vielleicht nur momentane und sehr schnell von Reue gefolgte Befriedigung, das Prädikat „zweckmäßig“ beanspruchen können.

Endlich kann nach der Ansicht der meisten Biologen etwas „Zweckmäßiges“, nämlich der Organismus mit allen seinen zweckmäßigen Einrichtungen, auch zustande kommen, ohne daß es erstrebt oder bezweckt ist.

Diese verschiedenen Vorgänge werden von den meisten Autoren nicht voneinander geschieden. Der eine denkt an den Prozess des Erstrebens schlechthin, wenn er von Teleologie, Finalität, Zielstrebigkeit u. dergl. spricht; der andere meint mit derselben Bezeichnung das Erstreben von etwas Zweckmäßigem, ein Dritter dagegen nur das Zustandekommen des Zweckmäßigen, gleichgültig, ob es erstrebt ist oder nicht.

Zur Klärung der Sachlage müssen zwei Begriffe zunächst einmal streng geschieden werden: Das „Erstreben“ oder „einen Zweck haben“ ohne Rücksicht darauf, ob das Ziel etwas Zweckmäßiges ist oder nicht, und das „Zweckmäßige“ ohne Rücksicht darauf, ob es erstrebt ist oder nicht.

Über den Zweck im allgemeinen.

Gehen wir zunächst auf den Begriff des „Zweckes“ ein. Dieser besteht offenbar in der Tatsache, daß ein Vorgang, Zustand u. dergl.

erstrebt, beabsichtigt, gewollt ist. Wir bezeichnen dann das betreffende Ergebnis als „Zweck“ und ferner als „Mittel“, auch „Zweckursachen“ oder „Endursachen“ dasjenige, was man im gewöhnlichen Sprachgebrauch bei der „kausalen“ Betrachtungsweise „Ursachen“ oder „wirkende Ursachen“ nennt: also einen besonders hervortretenden Teil derjenigen Faktoren, durch die ein Vorgang eindeutig bestimmt ist. Dasselbe ist gemeint mit dem Ausdruck und der Vorstellung, daß die Gesamtheit der an einem Vorgang beteiligten Faktoren nach einem vorgesetzten Ziel (Zielstrebigkeit) oder Endresultat (Finalität) „strebe“.

Der Prototyp eines solchen Strebevorganges ist die menschliche Willenshandlung, aus welcher offenbar ebenso wie der Kausalitätsbegriff auch der Zweckbegriff seinen Ursprung genommen hat.

Liegen in Wirklichkeit bei einer Handlung oder allgemein bei einem Vorgang ein Zweck oder ganz allgemein „Zweckfaktoren“ (vergl. S. 111) vor, so können wir von einer „Zweckhandlung“ (Triebhandlung) oder allgemein von einem „Zweckvorgang“ sprechen und damit von einer „wahren Teleologie oder wirklichen Finalität“. Dieser, die wir zunächst behandeln wollen, stehen gegenüber die „teleologische Ausdrucksweise, und die „falsche oder Pseudoteleologie“, wo „Zweckfaktoren“ tatsächlich fehlen.

Wahre Teleologie und wirkliche Finalität (Zweckhandlung, Triebhandlung).

Bei jeder Willenshandlung schwebt uns bekanntlich das Gewollte als Zweck, als Ziel unserer willkürlichen Bewegung vor. Eine Vorstellung dessen, was durch die Bewegung erreicht werden soll, geht dieser vorher und begleitet sie (vergl. Münsterberg, James, Ebbinghaus, Mach). Findet dieselbe Bewegung statt, ohne daß die Zweckvorstellung vorhergeht, etwa reflektorisch, so hört die Bewegung auf, eine Zweckhandlung zu sein. Manche Bewegungen können mit und ohne Zweckvorstellungen in ziemlich gleicher Weise erfolgen; nämlich relativ einfache Bewegungen, die durch bestimmte Bewegungsmechanismen und bestimmte diese in Tätigkeit setzende Reize schon im wesentlichen determiniert sind.

Dagegen tritt der gewaltige bewegungbestimmende Einfluß der Zweckvorstellung bei komplizierten, durch Überlegungen geleiteten Handlungen deutlich hervor, wie z. B. bei der Herstellung einer Maschine[1]) durch einen Menschen. Hier wird die ganze Mannigfaltigkeit der Bewegungen, deren Endziel die fertige Maschine ist, mitbestimmt („mitbewirkt") durch eine lange Reihe von Zweckvorstellungen und ihre „physischen Parallelprozesse", ohne welche der Zweck niemals erreicht werden würde. Diese Zweckvorstellungen und ihre physischen Parallelprozesse wollen wir, wie das auch schon früher angedeutet worden ist, kurz als „Zweckfaktoren" bezeichnen[2]). Würden in dem vorhin genannten Beispiel die Zweckfaktoren wegfallen, so würde damit ein Teil der wichtigsten Bestimmungsmittel für den ganzen Werdeprozeß der Maschine verloren gehen. Wir sehen also, daß die Zweckfaktoren das charakteristische der Zweckhandlungen sind.

Nehmen wir also von einer Zweckhandlung die Zweckvorstellungen und ihre entsprechenden Nervenprozesse weg, so fällt unter allen Umständen der Zweck fort, gleichgültig, ob die jetzt noch stattfindende Bewegung zu demselben Ergebnis führt, wie bei Mitwirkung der Zweckfaktoren (Reflex), oder zu einem beliebigen anderen. Denn sobald wir aus dem letzteren Vorgang den ersteren machen, ändern wir den Vorgang in mehr oder minder eingreifender Weise. Dies scheint mir für die Beurteilung des Zweckproblems und der vielen Verirrungen auf diesem Gebiete von größter Bedeutung. Daher dürfte es auch aufklärend wirken, wenn wir nach dem Grunde fragen, warum man diesen Punkt so oft übersehen hat. Sehr häufig nämlich ist das Endresultat einer Bewegung mit Zweck und ohne Zweck völlig gleich (willkürliche und Reflexbewegungen eines Gliedes), was zur Annahme führen kann, daß diese beiden Vorgänge wirklich identisch seien. Erfahrungsgemäß aber können zwei Prozesse sehr verschieden sein und doch zu demselben Endresultat führen: man

1) Um den Begriff der Zweckmäßigkeit hier völlig aus dem Spiel zu lassen, können wir annehmen, daß die Maschine ganz unzweckmäßig ist, völlig untauglich zur Verrichtung der beabsichtigten Leistungen.

2) Vergl. auch die Ausführungen über die Triebhandlung (S. 112 f.).

kann nämlich eine und dieselbe mechanische Arbeit durch die verschiedensten Maschinen und Kombinationen von solchen zustande bringen; man kann dieselbe Maschine durch verschiedene Energiearten und Energieverwandlungen in Tätigkeit versetzen; man kann dasselbe chemische Präparat auf verschiedenem Wege herstellen usw. Hier ist deutlich zu sehen: verschiedene Prozesse können zu demselben Resultat führen, und demgemäß können auch verschiedene Nervenprozesse, nämlich solche mit und ohne Zweckfaktoren, dieselbe Bewegung zustande bringen.

Zwar ist es in den obigen Ausführungen schon enthalten, sei aber nochmals besonders hervorgehoben: Mit den Zweckfaktoren (Zweckvorstellungen und physischen Parallelprozessen) ist keineswegs eine der allgemeinen Naturgesetzmäßigkeit widerstrebende Größe gegeben, da diesen Zweckfaktoren keine prinzipiell andere Rolle zuzuerteilen ist, als den Komponenten und Prozessen der Nervenfasern, Muskeln usw., die bei dem gesamten Vorgang eine Rolle spielen. Hierdurch wird also ein einheitlicher, monistischer Standpunkt in diesen Fragen gewährleistet.

Ich möchte betonen, daß es auf Grund dieser Darlegungen durchaus nicht geboten ist, eine Teleologie oder Finalität überhaupt nicht anzuerkennen, wie das so häufig geschieht; vielmehr erscheint es praktisch, diejenigen Vorgänge, bei denen Zweckfaktoren mitwirken, als „teleologische“ oder „finale“ zu bezeichnen. Eine solche wahre Teleologie ist aber nicht etwa der „Kausalität“ koordiniert, sondern sie ist ein spezieller Fall der allgemeinen Naturgesetzmäßigkeit, oder, wenn man so will, der Kausalität im weitesten Sinne.

Ganz Analoges, wie das für die Zweckhandlung Ausgeführte, gilt, sobald wir an die Stelle des Zweckes einen „Trieb“ oder „Drang“ setzen, also den Begriff der Finalität von der Triebhandlung herleiten. Auch bei dieser geht etwas der Bewegung voraus und begleitet sie vielleicht auch noch, nämlich „eine einige Zeit andauernde und stark gefühlsbetonte Empfindung“ (Ebbinghaus). Diese letztere oder ihr nervöser Parallelprozeß, welche die Bewegung auslösen und gewissermaßen leiten, spielen also im wesentlichen die gleiche Rolle wie die Zweckvorstellung; sie sind daher auch zu den „Zweckfaktoren“

zu rechnen. Wir wollen aber die weiteren Darlegungen nur an die Analyse der Zweckhandlung, als des prägnanteren Falles, anknüpfen.

Teleologische Ausdrucksweise.

Nach den obigen Ausführungen kommt also der Unterschied zwischen einer Bewegung mit Zweck und einer solchen ohne Zweck keineswegs nur durch eine verschiedene Betrachtungsweise oder Ausdrucksweise zustande, wie man aus der bei namhaften Autoren sich findenden Auffassung des Zweckbegriffes entnehmen müßte.

Wundts Zweckprinzip.

Wundt vertritt die Ansicht, daß das „Zweckprinzip" nur die Umkehrung des „Kausalprinzipes" sei; im letzteren komme die „fortschreitende Bewegung des Denkens vom Grund zur Folge" zum Ausdruck, welcher im ersteren die „rückwärts schreitende Bewegung von der Folge zum Grunde" gegenüberstehe (Bd. III, S. 687). Eine ganz ähnliche Auffassung finden wir auch schon bei Fechner (S. 91).

Wenn aber in dieser Weise das „Zweckprinzip" im allgemeinen richtig charakterisiert wäre, so würden auch Vorgänge ohne Zweckfaktoren dem „Zweckprinzip" unterliegen, ebenso wie sie dem „Kausalprinzip" unterworfen sind. Es wäre dann jeder einfachste „kausal" zu erklärende Vorgang, z. B. der durch eine Fallgleichung ausgedrückte, auch ein „Zweckvorgang" (vergl. oben S. 110 f.). Und somit gäbe es gar keinen Unterschied zwischen Vorgängen mit und ohne Zweckfaktoren (vergl. S. 111).

Wir sehen daraus, daß für Wundt alle Teleologie nur in einer besonderen Betrachtungsweise oder Ausdrucksweise besteht. Diese Ansicht ist aber geeignet, die größte Verwirrung zu schaffen. Denn es wird nicht nur der wichtige Unterschied zwischen Vorgängen mit und ohne Zweckfaktoren verwischt, sondern es wird gleichzeitig auch die Annahme eines Zweckes da zugelassen, wo er in Wirklichkeit fehlt, indem nur hinzugedachte Zwecke wirklich vorhandenen gleichgesetzt werden.

Charakteristik der teleologischen Ausdrucksweise.

Wenden wir uns jetzt zur näheren Kennzeichnung der teleologischen Ausdrucksweise. Ein einfaches Beispiel möge das Wesentliche dieser Ausdrucksweise zeigen:

Statt der „kausalen" Darstellung des freien Falles können wir sagen: Der schwere Körper hat das „Bestreben", zur Erde zu fallen. Nehmen wir hierbei nicht an, daß dem Körper das Aufruhen auf der Erde als etwas „Erstrebenswertes" vorschwebt, oder daß ein Unlustgefühl ihn drängt, die Erde aufzusuchen, so ist jene „teleologische" Darstellung des Vorgangs doch nur ein metaphorischer Ausdruck für die „kausal" [1]) zu erklärende Tatsache. Dasselbe gilt z. B. für die übliche, von Clausius gegebene, Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik: „Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu." Hier ist selbstverständlich, ebenso wie bei dem Gaußschen „Prinzip des kleinsten Zwanges" und Ähnlichem (vergl. Mach a, S. 393), nur die Ausdrucksweise eine teleologische, da die betreffenden Gesetze ja im Sinne kausaler Erklärung streng mathematisch formuliert werden können.

Es sei hier darauf hingewiesen, daß auch die vielgenannte „teleologische Mechanik" von E. Pflüger (b) nur dem Ausdruck und nicht dem Sinne nach in das Gebiet der Teleologie gehört.

Zur weiteren Charakterisierung der teleologischen Ausdrucksweise sei hier an einige Ausführungen von J. Reinke angeknüpft; zwar spielt hier teilweise der Begriff der „Zweckmäßigkeit" schon hinein, gleichwohl aber scheint es mir passend, die gedachten Fragen hier schon zur Sprache zu bringen. Reinke schreibt (S. 24 ff.):

„Räumen wir ein, daß in gewissem Umfange die Pflanze ein maschinelles körperliches System ist, sehen wir ab von der Fortpflanzung und Entwicklung, so werden wir bereits in der maschinellen Struktur und dem maschinellen Betriebe auf den engen Zusammenhang zwischen Kausalbeziehungen und Finalbeziehungen hin-

1) Auf eine Kritik des Kausalitätsbegriffes möchte ich hier nicht eingehen, sondern mich in dieser Frage den ansprechenden Anschauungen von Mach (c, S. 69 ff.) anschließen.

gewiesen. Denn in jeder Maschine spielen die Finalbeziehungen der Teile sowohl zueinander wie zur Außenwelt eine wichtige Rolle. Wollte man den Aufbau einer Lokomotive kausal auf das genaueste analysieren bis zur hüttenmännischen Gewinnung des Metalls hinab und dabei vermeiden zu sagen, wozu die einzelnen Teile und der ganze Apparat dienen, wie sie geformt sein müssen, um das Ganze zu ermöglichen, so wäre das ein ebenso unwissenschaftliches Verfahren, als wenn man vom menschlichen Körper Herz, Magen, Lunge, Ohr, Nase usw. genau von den ersten Anfängen bis zum fertigen Organ beschreiben wollte, es aber streng verbieten, den physiologischen Zweck jener Organe zu erörtern. Jede gesunde Wissenschaft würde sich gegen solche Einseitigkeit auflehnen und sie als töricht verurteilen.

„Bei dieser Sachlage muß es höchstes Befremden erregen, wenn man die Behauptung liest, daß die Darstellung des kausalen Zusammenhangs in den Lebenserscheinungen der Pflanze das einzige wahrhaft wissenschaftliche Problem der Physiologie ausmache, wenn sogenannte Kausalforscher mit Geringschätzung auf die teleologische Beurteilung der Strukturen und Vorgänge glauben hinabsehen zu dürfen. Schon der Nachweis einer „physiologischen Bedeutung“ ist ein teleologisches Urteil. Ich bin überzeugt, daß in solchen Äußerungen Selbsttäuschung im Spiele ist. Gewiß darf niemand die Kausalbeziehungen vernachlässigen in der wissenschaftlichen Analyse des Organismus, denn im Organismus ist die Geltung des Kausalgesetzes eine so allgemeine, wie in der leblosen Natur und überhaupt in jedem Geschehen, dem materiellen so gut wie dem geistigen. Das Prinzip der Kausalität wird immer das erste unter den botanischen Forschungsmaximen sein. Aber die Finalverknüpfungen sind darum in den Organismen nicht weniger wichtig und dazu meistens viel deutlicher und sicherer erkennbar, als die kausalen.“

Zu diesen Ausführungen ist folgendes zu bemerken:

Was zunächst die Herstellung einer Maschine betrifft, bei der, wie wir schon oben sahen, tatsächlich Zweckfaktoren mitwirken, so kann diese selbstverständlich nicht vollständig verstanden werden, wenn diese Zweckfaktoren nicht auch in Rechnung gezogen werden.

Dies läßt sich aber, wie ebenfalls schon oben ausgeführt wurde, in einer streng gesetzmäßigen, oder wie wir auch sagen können, „kausalen“ Weise durchführen. In dem gedachten Kausalzusammenhang wären in diesem Falle aber auch Zweckfaktoren enthalten, zum Unterschiede von z. B. anorganischen Prozessen, die ohne Mitwirkung von Zweckfaktoren verlaufen. Schon aus diesem Grunde wird also kein besonnener Naturforscher hier die Zulässigkeit einer teleologischen Auffassung bestreiten; da aber die Maschine unter der Leitung von Zweckfaktoren entstanden ist, so ist es ferner selbstverständlich von Interesse, nachzusehen, wie und in welchem Maße in der ganzen Maschine und ihren Teilen die Zweckvorstellung verwirklicht worden ist. Für das Verständnis der fertigen Maschine aber und ihrer Teile und für die Erklärung ihrer Leistungen ist eine solche teleologische Rücksicht keineswegs nötig, wie später noch näher ausgeführt werden wird (S. 122 f.). Vielmehr genügt es hierfür, unter Absehung von allen Zwecken rein sachlich die Tätigkeit der Maschine zu beschreiben und zu zeigen, wie diese aus der Gesamtheit der einzelnen Teile und Prozesse resultiert.

Das Letztgesagte gilt in ganz derselben Weise aber auch für die Beurteilung des „physiologischen Zweckes“ oder der „physiologischen Bedeutung“ eines Organes. Denn es ist ja im höchsten Grade wahrscheinlich, daß der Organismus und seine Organe nicht unter Mitwirkung von Zweckfaktoren entstanden sind (vergl. S. 127 f.); hier besteht also weder ein Recht noch eine Pflicht, für diesen Werdeprozeß die Teilnahme von Zweckfaktoren anzunehmen, also ihm einen teleologischen oder finalen Charakter beizulegen. Daher kann auch von einer Vernachlässigung wirklich vorhandener Finalbeziehungen nicht die Rede sein. Was aber den fertigen Organismus und das fertige Organ anbetrifft, so könnten diese allerdings ganz ohne Teleologie vollständig physiologisch erklärt werden, nämlich durch die Ableitung der Tätigkeit des Ganzen aus dem Bau und der Tätigkeit der einzelnen Teile, wozu nur eine nähere Kenntnis der letzteren nötig wäre, von der freilich zurzeit noch viel fehlt. Bei dieser angedeuteten rein „kausalen“ Erklärung der Tätigkeit des fertigen Organismus können wir bei ihm natürlich, ebenso wie

bei einer Maschine, eine teleologische Ausdrucksweise gebrauchen, nach Analogie des oben angeführten Beispieles vom fallenden Stein. In einer solchen zwiefachen Weise läßt sich also jeder ohne Mitwirkung von Zweckfaktoren verlaufende Vorgang darstellen. Dagegen steht es uns da, wo wirklich Zweckfaktoren vorhanden sind, selbstverständlich nicht frei, diese nach Belieben anzuführen oder fortzulassen.

Machs Auffassung der Teleologie.

Hinsichtlich physiologischer Prozesse hat schon Mach auf die Möglichkeit einer zwiefachen Betrachtungsweise hingewiesen und unter anderem als Beispiel die Akkommodation des Wirbeltierauges behandelt (c, S. 70). Für den Vorgang der Akkommodation kann man nach Mach außer der bekannten teleologischen Darstellungsweise folgende rein kausale Betrachtung anwenden: Das Auge hat die für die Erhaltung des Organs wichtige Eigenschaft, in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen. Dies ist bedingt durch eine Veränderlichkeit der Linse usw.

Mach betont besonders, daß die teleologische Betrachtungsweise zu den wichtigsten physiologischen Entdeckungen geführt habe; so wurde Kepler durch die Zweckbetrachtung des Auges zur Entdeckung der Akkommodation, Harvey durch die Frage nach dem Zweck der Herz- und Venenklappen zur Entdeckung des Blutkreislaufes geführt. In Anerkennung dieser Leistungen der Zweckbetrachtung sagt Mach (l. c. S. 67): „Ich weiß nicht, wodurch die Raupe des Nachtpfauenauges gezwungen wird, einen Kokon mit einer nach außen sich öffnenden Borstenklappe zu spinnen, aber ich sehe ein, daß gerade ein solcher Kokon dem Zwecke ihrer Lebenserhaltung entspricht. Ich bin weit davon entfernt, die vielen merkwürdigen Entwicklungserscheinungen und Instinkthandlungen der Tiere, die schon Reimarus und Autenrieth beschrieben und studiert haben, „kausal“ zu verstehen, aber ich verstehe sie nach dem Zweck der Lebenserhaltung und unter ihren besonderen Lebensbedingungen.“

In dem durch diese Zitate charakterisierten Sinne bezeichnet Mach die teleologische Untersuchung eines Vorganges oder Dinges

als eine „vorläufige“ und meint, daß keine Nötigung bestehe, einen tiefgehenden Unterschied zwischen teleologischer und kausaler Untersuchung anzunehmen. Dem wird man gewiß beistimmen, soweit es sich um die teleologische Ausdrucksweise handelt; für die wahre Teleologie, welche Vorgänge mit Zweckfaktoren betrifft, und die falsche Teleologie, welche Zweckfaktoren als wirklich setzt, wo sie tatsächlich fehlen, dürfte dieses „vorläufig“ aber nicht mehr gelten. Ich glaube, daß Mach dem beipflichten wird.

Noch eine weitere Bemerkung möchte ich mir zu den die Teleologie betreffenden Ausführungen Machs erlauben. Es will mir nämlich nicht einleuchten, daß Harvey, Kepler etc. gerade durch die teleologische Betrachtungsweise zu den genannten Entdeckungen und Einsichten geführt worden seien; vielmehr scheint es mir, daß ihre Gedankengänge trotz des teleologischen Gewandes „kausale“ waren; daß demnach der teleologischen Ausdrucksweise kein besonderer heuristischer Wert zukommt, sondern ihre Vorzüge eher in einer gewissen Anschaulichkeit und Kürze des Ausdruckes zu suchen seien.

Demnach würde ich die von Mach angeführten Beispiele etwa folgendermaßen auffassen. Was zunächst die Entdeckung des Blutkreislaufes anbetrifft, so konstatierte Harvey das eigentümliche Verhalten der Klappen und frug sich, welche Rolle Gebilde mit diesen Eigentümlichkeiten bei der Blutbewegung spielen könnten. Mit der Auffindung der Beziehungen zwischen Klappen und Strömungsrichtung des Blutes war diese Frage gelöst. Dieses Aufsuchen der Beziehungen zwischen Klappen und Strömungsrichtung, ebenso wie derjenigen zwischen der Beschaffenheit des Kokons und der Lebenserhaltung des Schmetterlings, des deutlichen Sehens in verschiedenen Entfernungen und der Veränderlichkeit der Linsenform scheint mir doch eine „kausale“ Überlegung gewesen zu sein. Hierin wird m. E. dadurch nichts geändert, daß ein Forscher sich der teleologischen Ausdrucksweise bedient, von dem Zweck der Klappen usw. spricht. Ein sehr wesentlicher Teil der kausalen Untersuchung ist damit freilich noch nicht berührt, nämlich die Frage, wie, durch Zusammenwirken welcher Faktoren, diese für die Erhaltung der Organismen so wichtigen Beziehungen entstanden sind.

Zusammenfassung.

Wir haben also gesehen, daß sich ohne Ausnahme jeder Vorgang in ein teleologisches Gewand einhüllen läßt, indem wir uns denken, daß er auch von Zweckvorstellungen begleitet sein könnte, womit aber, wie bereits angeführt wurde, weder gesagt ist, daß wirklich Zweckfaktoren mitwirken, noch auch, daß das Ergebnis des Vorgangs etwas Zweckmäßiges sei.

Das besprochene Verfahren, wonach wir uns jeden beliebigen Vorgang auch durch Zweckfaktoren mitbestimmt denken können, was freilich nicht die wünschenswert einfachste Erklärung eines Vorganges ist, läßt sich aber nicht etwa umkehren, worauf oben schon hingewiesen wurde; wenn nämlich bei einem Vorgang tatsächlich Zweckfaktoren mitwirken und das Ergebnis mitbestimmen, so können diese nicht ohne weiteres fortgenommen werden, da sonst die eindeutige Bestimmtheit des Vorganges aufhört. Für bloß hinzugedachte Zweckfaktoren gilt das natürlich nicht.

Falsche oder Pseudoteleologie.

Aus dem Bisherigen geht schon hervor, daß eine „falsche Teleologie" vorliegt, wenn für einen Vorgang eine tatsächliche Mitwirkung von Zweckfaktoren angenommen wird, diese also als integrierende Glieder in den gesetzmäßigen Zusammenhang eingeschaltet werden, obgleich sie tatsächlich oder doch höchstwahrscheinlich nicht vorhanden sind.

Anscheinend passen manche Formen der in der Literatur aufgetretenen falschen Teleologie nicht genau in den Rahmen dieser Definition; doch beruht dies nur auf unklarer Vorstellung oder Ausdrucksweise der betreffenden Autoren. Bei näherem Zusehen werden wir alle diejenigen Formen der Teleologie, die nicht zur wirklichen und nicht zu der dem Ausdruck nach vorhandenen Teleologie gehören, in dieser Kategorie der falschen Teleologie unterbringen können.

Die kritische Untersuchung konkreter Beispiele von falscher Teleologie wollen wir auf später verschieben, nämlich bis zur Besprechung der dualistischen Erklärungen des Zustandekommens der organischen Zweckmäßigkeit, in deren Bereich die falsche Teleologie hauptsächlich ihre Betätigung gefunden hat.

Zur Verständigung.

Zur Verständigung in den Fragen der Teleologie ist es unbedingt erforderlich, die nur dem Ausdruck nach bestehende Teleologie und Finalität streng zu scheiden von den oben (S. 110 f.) charakterisierten „Zweckvorgängen", nämlich Zweckhandlungen, Triebhandlungen und Strebungen, welche durch die Mitwirkung von Zweckvorstellungen oder gefühlsstarken Empfindungen und die entsprechenden Nervenprozesse, ganz allgemein durch „Zweckfaktoren", ausgezeichnet sind. Demnach wird da, wo Zweckfaktoren mitwirken, von wahrer Teleologie und wirklicher Finalität, Zielstrebigkeit usw. gesprochen werden. Im anderen Falle nur von teleologischer Ausdrucksweise; aber stets mit dem Bewußtsein, daß es sich ausnahmslos immer nur um Spezialfälle derselben allgemeinen Gesetzmäßigkeit handelt, so daß also die Möglichkeit einheitlicher, monistischer Erklärungen gegeben ist (S. 112).

Überblickt man die Literatur über die teleologischen Anschauungen der Biologen und Physiker, so fällt es auf, daß fast allgemein Erklärungen mit und ohne tatsächliche Voraussetzung von Zweckfaktoren in gleicher Weise als „teleologische" bezeichnet werden, was eine Verständigung unmöglich macht. Es ist daher unbedingt erforderlich, auch in der Bezeichnung diese beiden Gruppen von Vorgängen scharf zu trennen.

Auf die speziellen Beispiele der „Teleologie" in der Biologie wird erst später näher eingegangen werden, wenn wir uns mit dem Begriff der Zweckmäßigkeit etwas ausführlicher beschäftigt haben. Denn dieser Begriff spielt fast überall in die Teleologie hinein, wie wir das auch bei den besonders zu behandelnden teleologischen Anschauungen von Driesch, J. Reinke und Cossmann sehen werden.

Über die Zweckmäßigkeit.

Psychologische und physikalische (objektive) Charakterisierung des Zweckmäßigkeitsbegriffes.

Wir wollen uns jetzt zum Begriff der „Zweckmäßigkeit" und des „Zweckmäßigen" wenden. Sein psychologischer Ursprung ist offen-

bar gleich dem des Erstrebens in der Zweckhandlung gelegen, und zwar war der Begriff zunächst ein Attribut der Mittel, die einem Zwecke dienten. So nennt man ein Mittel (Zweckursache, Endursache) zweckmäßig, wenn es den Zweck wirklich herbeiführt oder herbeiführen hilft.

Ferner ist aber der Begriff des Zweckmäßigen auch auf die Ergebnisse und Ziele von Zweckhandlungen und Strebungen angewendet worden, insofern man von „zweckmäßigen" Apparaten, Einrichtungen, Bewegungen usw. spricht. Freilich ist auch hier der ursprüngliche Begriff noch zu erkennen, insofern Apparate, Einrichtungen und Bewegungen in den gedachten Fällen, obschon sie schon Zweckergebnisse darstellen, doch auch noch Mittel sind und der wirkliche Endzweck in den Leistungen besteht, die durch die Apparate, Einrichtungen, Bewegungen erzielt werden. Diese „Mittel" (zweiter Ordnung) aber sind „zweckmäßig", wenn sie zur Verwirklichung des Endzweckes, nämlich der gewünschten Leistungen tauglich sind.

Daraus ergibt sich zunächst, daß in dem Zweckmäßigkeitsbegriff, ebenso wie in dem allgemeineren Zweckbegriff, eine Beziehung eines Dinges oder Vorganges auf ein vorstellendes, strebendes, zielsuchendes Subjekt, also einen Organismus, enthalten ist. Hierbei ist es gleichgültig, ob das betreffende zweckmäßige Resultat von mir oder von einem anderen Organismus erstrebt wird.

Doch ist damit das Charakteristische des Zweckmäßigkeitsbegriffes noch nicht vollständig gegeben, da dieses nicht allein in der angeführten Beziehung auf einen Organismus besteht. Wir sahen schon oben (S. 109), daß das Ergebnis unseres Strebens auch etwas sein kann, was wir als unzweckmäßig zu bezeichnen pflegen. Als zweckmäßig nämlich bezeichnen wir alle diejenigen Gegenstände, Einrichtungen, Vorgänge, Bewegungen usw., welche geeignete Mittel zu einem ganz bestimmten Zwecke sind, und dieser Zweck ist die Erhaltung, Verbesserung, Verschönerung usw. des Lebens, in erster Linie desjenigen des Menschen, aber auch desjenigen anderer Organismen.

Daß diese Definition dem Sprachgebrauch entspricht, sei an folgenden Beispielen erläutert: „Zweckmäßig" nennen wir eine Ma-

schine, sofern sie durch ihre Kraft oder Arbeitsleistung uns nützlich ist; „zweckmäßig“ eine Änderung der Maschine, wenn durch sie ihre Leistungsfähigkeit vermehrt wird; „zweckmäßig“ nennen wir eine Muskelbewegung, die uns gegen eine Beschädigung unseres Körpers schützt oder uns die Befriedigung körperlicher oder geistiger Bedürfnisse ermöglicht; „zweckmäßig“ eine staatliche Einrichtung, die der menschlichen Gesellschaft nützlich ist: „zweckmäßig“ ein Organ, insofern seine Leistungen bei der Erhaltung des zugehörigen Organismus mitwirken; „zweckmäßig“ den ganzen Organismus, insofern seine Leistungen (Stoff- und Energiewechsel) seiner eigenen Erhaltung oder Förderung dienen.

Es sei also wiederholt: Das „Zweckmäßige“ finden wir nach dem Sprachgebrauch in zwiefacher Weise charakterisiert: erstens durch den Umstand, daß es das Ergebnis einer Zweckhandlung ist, und zweitens dadurch, daß es zur Erhaltung und Förderung eines Organismus dient. Das erste Merkmal charakterisiert das Zustandekommen des Zweckmäßigen, wobei an das Mitwirken eines zweckvorstellenden Subjekts gedacht ist, das zweite seine Beschaffenheit und seine Leistungen; das erstere Merkmal enthält somit vielfach subjektive Momente, das letztere ausschließlich objektive.

Gewöhnlich zeigen die als zweckmäßig bezeichneten Vorgänge und Dinge die beiden genannten Merkmale zugleich. Als Beispiele einer derartigen Anwendung des Zweckmäßigkeitsbegriffes seien die folgenden angeführt, bei denen ein und derselbe Vorgang dann zweckmäßig heißt, wenn er unter Mitwirkung von Zweckfaktoren geschieht, während er beim Fehlen der letzteren nicht zweckmäßig genannt wird:

Wir lassen einen Stein ins Wasser fallen, mit der Absicht, an der entstehenden Wellenbewegung eine physikalische Beobachtung anzustellen. Gelingt unser Plan, so finden wir den Vorgang „zweckmäßig“. Wird der Stein aber etwa durch den Wind ins Wasser geweht, so kann die Fallbewegung und ihr Ergebnis genau dasselbe sein wie vorher, und gleichwohl nennen wir den Vorgang jetzt nicht mehr zweckmäßig, weil er ohne Mitwirkung von Zweckfaktoren stattgefunden hat.

Indessen muß ausdrücklich hervorgehoben werden, daß der Sprachgebrauch hinsichtlich der besprochenen Formulierung des Zweckmäßigkeitsbegriffes keineswegs ganz konsequent ist: Eine Maschine z. B., deren Leistungen uns nützlich sind, nennen wir auch dann noch zweckmäßig, wenn das erste (subjektive) Merkmal des Zweckmäßigen, nämlich die Entstehung mit Hilfe von Zweckvorstellungen, nicht vorhanden ist. Bei komplizierten Maschinen behalten wir freilich ja immer die Überzeugung, daß sie nicht ohne Zweckfaktoren zustande kommen können. Anders bei einfachen Maschinen, z. B. einem Keil. Ein ohne unser Zutun von selbst entstandener Steinkeil (Feuerstein) kann für uns ebenso „zweckmäßig" sein, wie ein solcher, den wir selbst verfertigt haben. Hier genügt uns also das zweite, objektive, Merkmal des Zweckmäßigkeitsbegriffes allein, um den Gegenstand als „zweckmäßig" zu bezeichnen.

In noch höherem Maße gilt dies für die Zweckmäßigkeit der Organismen. Nach dem strengeren Sprachgebrauch sollten wir diese nur zweckmäßig nennen unter der Voraussetzung, daß sie durch Mitwirkung eines Zweckes geworden sind. Aber auch alle diejenigen Biologen, welche die Teilnahme von Zweckfaktoren bei der Entstehung der Organismen leugnen, nennen diese gleichwohl „zweckmäßig".

Doch bedarf der bisher charakterisierte Zweckmäßigkeitsbegriff noch einer weiteren Einengung. Nämlich auch das, was der Förderung und Erhaltung des Organismus dient, gilt nicht immer als zweckmäßig: nicht z. B., wie wir gesehen haben, der von selbst fallende Stein, auch wenn er eine dem Menschen förderliche Beobachtung zu machen gestattet; nicht ferner die Wirkungen der Gravitation, überhaupt zahlreicher Stoffe und Energieformen, die zur Erhaltung unseres Lebens notwendig sind. Untersuchen wir diesen Punkt näher, so finden wir, daß wir unter den zahlreichen Dingen und Vorgängen, die für unser Leben von Nutzen sind, manchen eine große Zweckmäßigkeit zusprechen, wie z. B. einer Dampfmaschine, anderen eine geringe, wie z. B. einem Steinkeil, anderen endlich gar keine, wie etwa dem Luftsauerstoff oder der Schwerkraft. Das, was diese verschiedenen Prädikate bedingt, ist

offenbar der Grad der Kompliziertheit; und mit der größeren Kompliziertheit verbindet sich gleichzeitig die Vorstellung einer Entstehung durch Mitwirkung von Zweckfaktoren. Diese wirken ja bei dem Zustandekommen einer komplizierten Maschine erfahrungsgemäß mit, nicht aber bei allen einfachen Maschinen, wie z. B. einem natürlichen Steinkeil. Daß sie bei der Entstehung der zweckmäßigen Einrichtungen der Organismen teilnehmen, ist ja keineswegs nachgewiesen, vielmehr von den meisten Biologen in Abrede gestellt worden.

Aus dem eben Gesagten ergibt sich auch als wichtiges Resultat, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen „zweckmäßig" und „nicht zweckmäßig" überhaupt nicht besteht. In dem gleichen Sinne spricht ferner der Umstand, daß sich ein Gegenstand oder Vorgang, welcher der Erhaltung eines lebendigen Organismus dient, rein sachlich betrachtet, durchaus nicht wesentlich von einem beliebigen andern unterscheidet; nur unser Werturteil macht diesen Unterschied. Legten wir z. B. besonderen Wert auf die Erhaltung eines Stromes, so würden wir im Hinblick auf diesen „Zweck" diejenigen Wasserbewegungen in seinem Quellgebiet, die ihm Wasser zuführen, als „zweckmäßig" bezeichnen; dadurch unterscheiden diese sich jedoch nicht prinzipiell von anderen Wasserbewegungen. Wie schwer der Begriff des Zweckmäßigen abzugrenzen ist, zeigt endlich die schon erwähnte Tatsache, daß unter der Leitung von wirklichen Zwecken auch „Nicht-Zweckmäßiges" zustande gebracht werden kann und daß ferner auch in der unbelebten Natur ohne Mitwirkung von Zwecken von selbst „Zweckmäßiges" entsteht, wie einfache Maschinen, z. B. ein Keil oder Hebel.

Anwendung auf den Organismus. Das Wesentliche der organischen Zweckmäßigkeit [1]).

Aus der oben besprochenen Anwendungsweise des Zweckmäßigkeitsbegriffes und seiner auch für Maschinen gültigen Formulierung, wobei von einer etwaigen Teilnahme von Zweckfaktoren ganz abgesehen ist, gewinnen wir für die Behandlung des Zweckmäßigkeitsprinzips in der Biologie das äußerst wichtige Ergebnis:

1) Die jüngst erschienene Schrift von Ribbert, deren Inhalt sich mehrfach mit meinen Ausführungen berührt, kann hier nur noch erwähnt werden.

Beim Organismus kann das Zweckmäßige rein objektiv, ohne Rücksicht auf ein etwaiges bei der Entstehung wirksames Zweckprinzip charakterisiert werden. Dieses objektive Merkmal von Organen und Lebensprozessen besteht, wie wir gesehen haben, darin, daß sie der Erhaltung oder Förderung des Organismus dienen.

Auf die Art und den Grad der Kompliziertheit (vergl. S. 123 f.) des Organismus, die das objektive Merkmal seiner Zweckmäßigkeit darstellt, wollen wir etwas näher eingehen. In dieser Hinsicht ist am wichtigsten die Tatsache, daß die zweckmäßigen Einrichtungen und Leistungen des Organismus zur Erhaltung und Förderung seines eigenen Körpers dienen, daß sie also, ganz objektiv charakterisiert, Einrichtungen und Prozesse sind, welche die Selbsterhaltungsfähigkeit oder Dauerfähigkeit des Organismus bedingen. Hierauf zum ersten Male ausdrücklich hingewiesen zu haben, ist ein großes Verdienst von W. Roux (a und b, S. 616).

Diese Selbsterhaltungsfähigkeit[1]) sei durch einen Vergleich mit einer arbeitenden Maschine näher gekennzeichnet: Eine Maschine muß durch fremde Hilfe bedient (geheizt usw.) werden, und ihre Arbeit kommt nicht ihr selbst zugute. Dagegen hat der Organismus die Eigentümlichkeit, daß er sich selbst die erforderliche Betriebsenergie zuführt, und zwar werden seine eigenen Leistungen hierzu verwertet; durch seine eigenen Muskelbewegungen nämlich nimmt er die für seine Erhaltung erforderliche Nahrung zu sich, und die zugeführte Nahrung wiederum ermöglicht ihm seine Muskelbewegungen. Diese Selbsterhaltungsfähigkeit besteht ferner nicht nur bei „normalen" oder günstigen äußeren Bedingungen, sondern auch bei schädlichen Änderungen derselben: Bei Einwirkung der letzteren tritt nämlich im allgemeinen eine Fluchtbewegung des Organismus auf; ist diese nicht möglich oder nicht ausreichend, dann erfolgt häufig eine Änderung des Organismus selbst, die seine Erhaltung gewährleistet, z. B. eine Cystenbildung und Ähnliches. Hat der Organismus Schaden genommen, so findet innerhalb gewisser Grenzen eine Selbstheilung

1) Vergl. hierüber auch z. B. Kassowitz (a und b), E. Albrecht, Mach (c), W. Ostwald (c), Ribbert.

statt, wie Regeneration, Narbenbildung u. dergl. Das alles vermag eine Maschine nicht. Aber noch mehr: der Organismus ist zudem durch seine eigenartigen inneren Prozesse ausgezeichnet, durch welche die Dauerfähigkeit noch ein ganz besonderes Merkmal erhält: Daß nämlich gewisse anorganische Gebilde, wie selbst ein sehr komplizierter Kristall, dauerfähig sein können, ist nicht sehr auffallend; wohl aber gilt dies für den Organismus mit seinem an ein äußerst labiles System gebundenen fortwährenden Stoffwechsel und Energiewechsel und seiner nie stillstehenden, endlich zum Tode führenden Entwicklung.

Demnach ist die Frage nach der Entstehung und Entwicklung der Zweckmäßigkeit der Organismen umzuformen in die Frage: Wie konnte ein so komplizierter, an ein äußerst labiles System gebundener, in hohem Grade selbsterhaltungsfähiger, aber gleichzeitig langsam fortschreitend veränderlicher Prozeß, wie der Lebensprozeß, entstehen? Und damit haben wir eine sichere Grundlage für die Behandlung des viel umstrittenen Problems der Entstehung der organischen Zweckmäßigkeit. Der Mangel einer derartigen brauchbaren Formulierung dieses Problems trägt m. E. hauptsächlich die Schuld an den vielen Meinungsverschiedenheiten und Verirrungen auf diesem Gebiete. Man lese z. B. nur die unklaren Sätze von J. Reinke, dem unermüdlichen Verfechter der teleologischen Erklärungsweise der Lebenserscheinungen, im Anfang seiner Ausführungen über Finalität und Zweckmäßigkeit (l. c. S. 22): „Überhaupt sind nur Beziehungen zwischen den Dingen Objekt naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Diese Beziehungen eines Geschehens können anknüpfen an ein früheres oder scheinbar gleichzeitiges Geschehen: dann nennen wir sie Kausalbeziehungen; oder sie können gerichtet sein auf ein zu erreichendes Ziel, auf einen Zweck, auf die Verwirklichung einer Harmonie, auf die Regulierung eines Prozesses: dann sind es Finalbeziehungen.“ — Daß auf einer so ungeklärten Grundlage nur Verirrungen entstehen können, ist wohl von vornherein zu erwarten..

Auch die sonst so vortrefflichen Ausführungen von Bütschli über „Mechanismus und Vitalismus“ kranken an dem Mangel einer brauchbaren Formulierung des Zweckmäßigkeitsproblems.

Allgemeines über die Erklärung der organischen Zweckmäßigkeit. Kritik der dualistischen Erklärungen.

Nachdem wir uns das Wesentliche des Zweckes und der Zweckmäßigkeit klargemacht haben, können wir auf einer sichereren Grundlage als zuvor an die Erklärung des Zustandekommens der „Zweckmäßigkeit" der Organismen herantreten. Das Problem lautet jetzt: Ist der Organismus mit allen seinen Eigenschaften, die wir auf Grund einer ganz bestimmten objektiven Charakteristik als „zweckmäßig" bezeichnen, unter Mitwirkung von Zweckfaktoren irgendwelcher Art entstanden, und verlaufen seine Prozesse, im besonderen seine Entwicklung, unter Beihilfe solcher Faktoren oder ist dies nicht der Fall?

Eine Antwort im letzteren Sinne wäre eine monistische, welche in wesentlichen Punkten verwandt ist mit der im allgemeinen als „mechanistisch" bezeichneten Anschauung. Da aber dieser Ausdruck für unseren heutigen monistischen Standpunkt in der Naturwissenschaft entschieden zu eng ist, was schon öfters betont wurde, so könnte man von einer „einheitlich kausalen" oder besser von einer „einheitlich gesetzmäßigen" Auffassung sprechen. Zu den Erklärungsversuchen dieser Art sind wohl die meisten der oben genannten Entwicklungstheorieen von Lamarck, Darwin, Weismann, Eimer, Goette u. A. zu rechnen. Ihnen stehen gegenüber die dualistischen, nämlich die vitalistischen und neovitalistischen, welche in diesem Falle durch eine Pseudoteleologie repräsentiert werden.

Es könnte vielleicht zunächst als Widerspruch erscheinen, wenn wir eine Entwicklungshypothese, die mit Zweckfaktoren rechnet, als dualistisch bezeichnen, während wir für andere durch Zweckfaktoren bestimmte Vorgänge, z. B. Zweckhandlungen, eine monistische Erklärung in Anspruch nehmen. Der prinzipielle Unterschied zwischen diesen beiden Fällen liegt im folgenden: Zweckhandlungen finden wir nur dort, wo ein entwickeltes Nervensystem vorhanden ist, ohne welches erfahrungsgemäß Zweckfaktoren nicht vorkommen. Will man, entgegen der Erfahrung, auch in solchen Fällen Zweck-

faktoren annehmen, wo ein Nervensystem fehlt, so verfällt man in völlige Willkür, für die dann keine Grenze mehr besteht. Von einem derartigen Standpunkt aus wäre es dann erlaubt, jedes noch nicht aufgefundene Glied eines sonst streng gesetzmäßigen Zusammenhangs beliebig durch Zweckfaktoren zu ersetzen. Das wäre aber unwissenschaftlich. Wir haben daher auch kein Recht, die phylogenetische Entwicklung eines irgend einmal von selbst entstandenen primitiven Organismus oder die ontogenetische Entwicklung des Individuums aus dem Ei als durch Zweckfaktoren mitbewirkt anzusehen. Ob sonst irgendwelche hypothetische Faktoren, die nach Art der Zweckfaktoren wirken, auffindbar sind, oder ob die zweckmäßige Entwicklung des Organismus auch ohne Mithilfe derartiger Faktoren nach allgemeinen naturwissenschaftlichen Prinzipien erklärbar erscheint, oder ob dies nicht möglich ist, auf diese Fragen werden wir im Folgenden einzugehen haben.

Daß wir die Erklärung der Entwicklung des Organismus mit Hilfe von Zweckfaktoren als eine dualistische ablehnen, ist also deshalb zu fordern, weil mit den Zweckfaktoren ein dem betreffenden Zusammenhang fremdes Element eingeführt wird, welches die einheitliche Auffassung des Vorgangs stört; ebenso wie uns etwa die Vorstellung ungereimt erscheinen würde, daß ein fallender Stein ein Bewußtsein seines Falles habe, in der Art wie ein fallender Mensch.

Mit der Charakterisierung einer Entwicklungshypothese als pseudoteleologisch, d. h. als mit Zweckfaktoren oder analogen Größen rechnend, ist im allgemeinen das ablehnende Urteil über sie schon gesprochen; denn es bedarf wohl keiner besonderen Begründung, daß die einheitlichen oder monistischen Auffassungen vor den dualistischen prinzipiell den Vorrang haben. Gleichwohl ist selbstverständlich zuzugestehen, daß eine gewaltsame Durchführung der monistischen Anschauung durchaus nicht befriedigen könnte. Sich aber schon deshalb dem Dualismus in die Arme zu werfen, weil man ein monistisches Weltbild zurzeit noch nicht klar bis ins Einzelne ausgestalten kann, das scheint mir verfrüht; denn die Lücken in einem noch nicht ganz klargelegten Zusammenhang durch beliebige dualistische Elemente auszufüllen, ist jederzeit leicht und billig.

Die Mehrzahl der Biologen steht selbstverständlich in bezug auf die Erklärung der Entwicklung der organischen Zweckmäßigkeit auf monistischem Standpunkte, den kein ernster Naturforscher ohne zwingenden Grund aufgeben wird. Freilich haben viele Biologen diesen Standpunkt auch mehrfach ausgesprochenen Schwierigkeiten gegenüber in etwas einseitig dogmatischer Weise vertreten, ohne diese Schwierigkeiten gebührend anzuerkennen und zu bearbeiten; das gilt z. B. für das Problem der „primären Zweckmäßigkeit" und die anderen oben genannten (S. 8ff.), der Selektionstheorie gegenüber besonders spröden, Probleme. Und auch die Art und Weise, wie die meisten Biologen die verantwortungsvolle Selektionstheorie ohne genügend selbständige Prüfung als ausreichende Erklärung für die Entstehung der organischen Zweckmäßigkeit übernommen haben, war der Ausbreitung einer einheitlichen, wahrhaft[1]) monistischen Anschauung nicht günstig. So sind durch Übersehen, Vernachlässigung und mangelhafte Lösungsversuche wichtigster deszendenztheoretischer Probleme dem biologischen Dualismus eine Reihe von Angriffspunkten dargeboten worden, von denen er ausgiebig Gebrauch gemacht hat.

Die dualistischen Anschauungen erfreuen sich heutzutage einer gewissen populären Beliebtheit, was sie wohl dem zum Teil recht ansprechenden Gewande verdanken, in dem sie auftreten, sowie auch der allmählich durchdringenden Erkenntnis, daß das einstens als Universalmittel für alle monistisch-biologischen Erklärungen geltende Selektionsprinzip in Wirklichkeit nicht ausreichend sei. Es scheint mir daher sehr wünschenswert[2]), eingehend nachzuweisen, einerseits, daß die gebräuchlichen dualistischen Anschauungen zum Teil ganz unbegründet sind, zum Teil aber auf fundamentalen Irrtümern beruhen; andererseits, daß der monistische Standpunkt auch dann noch ungezwungen festgehalten werden kann, wenn man zugibt, daß das Darwinsche Prinzip für sich allein nicht nur das Primär-Zweckmäßige, sondern überhaupt die Zweckmäßigkeit der Organismen

1) Leider ist nicht immer wirklich Monismus, was sich so nennt.

2) Seit der Abfassung dieser schon vor einiger Zeit niedergeschriebenen Zeilen sind wohl manche das gleiche Ziel verfolgende kritische Arbeiten erschienen. Hier sei nur auf die vortreffliche Kritik der Reinkeschen Teleologie durch Kienitz-Gerloff hingewiesen.

und die anderen oben genannten deszendenztheoretischen Tatsachen nicht zu erklären vermag, da nämlich für die Erklärung von alledem andere einfache Prinzipien gefunden werden können.

Von den dualistischen Erklärungsweisen seien hier nur die beiden Hauptkategorieen behandelt, in welche sich alle spezielleren Formen des Vitalismus und der modernen Teleologie einreihen lassen. Die eine Gruppe nimmt an, daß, da nun einmal für ganz primitive Organismen Zweckfaktoren nach Art der vom Menschen her bekannten nicht wohl angenommen werden können, irgendwelche ähnlich wirkende unbewußte Faktoren vorhanden seien; als Hauptrepräsentanten dieser Anschauungen seien hier diejenigen von J. Reinke und H. Driesch einer näheren Kritik unterzogen. In dieselbe Kategorie gehören wohl die meisten Neovitalisten, auf die nicht im einzelnen eingegangen sei.

Die andere Gruppe verzichtet von vornherein ausdrücklich auf die Beihilfe besonderer „zweckmäßig wirkender" Faktoren, sondern nimmt nur für das Reich der Organismen neben der „kausalen" noch eine besondere, „teleologische", Gesetzmäßigkeit an, welche die zweckmäßigen Prozesse und Gestaltungen bedinge. Hier handelt es sich im letzten Grunde freilich nur um eine „teleologische Ausdrucksweise" (vergl. S. 114 f.), die aber mehr sein will als das und vermöge recht schlecht passender Zutaten (S. 150 ff.) aus dem Rahmen der nur dem Ausdruck nach bestehenden Teleologie herauszutreten scheint. Als ein charakteristischer Repräsentant derartiger Anschauungen sei P. N. Cossmann angeführt.

Die Finalhypothese von J. Reinke.

Zur allgemeinen Charakteristik der Hypothese.

Reinke nimmt ohne genauere Analyse des Tatbestandes an, daß es „Kausal-" und „Finalbeziehungen" in der Natur gebe, wie schon oben erwähnt wurde (S. 126). Es sei nochmals darauf hingewiesen, wie unklar in dem obigen Zitat die Ausdrücke sind: „Diese Beziehungen eines Geschehens können anknüpfen an ein früheres oder scheinbar gleichzeitiges Geschehen — oder sie können gerichtet sein auf ein zu erreichendes Ziel, auf einen Zweck usw." Wenn

wir uns daran erinnern, was alles in dem Finalbegriff steckt (S. 107 ff.), worüber man sich unbedingt Rechenschaft ablegen muß, wenn man Finalbeziehungen beurteilen und erklären will, so werden wir schon gegen das Verfahren Reinkes starke Bedenken erheben müssen. Durch dieses unkritische Verfahren ist es Reinke entgangen, daß zunächst zwischen teleologischer Ausdrucksweise und dem wirklichen Vorhandensein von „Finalbeziehungen" (S. 110 ff.) zu unterscheiden ist; daß ferner das Vorkommen von Finalprozessen, d. h. von Prozessen, die unter Beteiligung von Zweckfaktoren verlaufen, auch von denjenigen Forschern, welche eine einheitliche „Kausalität" oder besser eine einheitliche Gesetzmäßigkeit für alles lebendige und nichtlebendige Geschehen annehmen, gar nicht in Abrede gestellt wird; daß ferner von diesen Forschern die teleologische Ausdrucksweise sehr wohl zugelassen wird, selbst für Vorgänge, bei denen das wirkliche Vorhandensein von Finalprozessen als sehr unwahrscheinlich und völlig unbewiesen geleugnet wird, wie bei allen nicht von Nervenprozessen begleiteten Lebensvorgängen; daß aber endlich auch die wirklichen Finalprozesse, die also durch Beteiligung von Zweckfaktoren charakterisiert sind, sich nur als Spezialfälle eines allgemeinen einheitlich-gesetzmäßigen („kausalen") Geschehens darstellen, indem ihrer Erklärung nach den allgemeinsten naturwissenschaftlichen Prinzipien nichts im Wege steht. Berücksichtigen wir all dieses, oben bereits genauer Dargelegte, so erscheint uns die Art der Gegenüberstellung der „Kausal-" und „Finalbeziehungen" in dem genannten wie auch in anderen Werken von J. Reinke ganz verfehlt. Das gilt im besonderen für Ausführungen, wie die oben zitierten (S. 126).

Die „nicht-energetischen Kräfte" und ihre Beleuchtung.

Gehen wir etwas näher auf die Reinkesche „Finalität" ein. Reinke meint, daß die zweckmäßigen Einrichtungen und Prozesse der Organismen, überhaupt alles, was wir als Ergebnisse von Zweckursachen, Bestrebungen usw. betrachten können, durch die Annahme von Finalbeziehungen erklärt werden müsse. Da nun aber z. B. bei Pflanzen von Zweckhandlungen oder Triebhandlungen (vergl. S. 110 ff.),

also auch von „Zwecken“ und „Trieben“ nicht die Rede sein kann[1]), so muß es „nicht-psychische“ Kräfte geben, die im wesentlichen dasselbe leisten, wie die psychophysischen Faktoren einer Zweckhandlung, und zwar einerseits Kräfte, „deren Wirksamkeit gleich der des Mechanikers ist, der eine Maschine baut“, andererseits solche, welche „den kausalen Einfluß bedeuten, der von den Systembedingungen ausgeht“ (Reinke, S. 40 f.). Die ersteren Kräfte nennt Reinke „Dominanten“, die anderen „Systemkräfte“. Von diesen beiden Arten von Kräften nimmt ihr Erfinder außerdem an, daß sie „nicht-energetische“ Kräfte seien, d. h. daß sie nicht dem Gesetz von der Erhaltung der Energie unterliegen, sondern „zerstörbar“ sind (S. 40) und sich beliebig aus sich selbst vermehren können (S. 186 und 193).

Diese zerstörbaren und aus sich selbst wachsenden „nicht-energetischen“ Kräfte sind eine starke Zumutung. Zwar könnte Reinke vielleicht diese unerhörte Hypothese durch den Hinweis zu rechtfertigen suchen, daß nach der Ansicht vieler Naturforscher und Philosophen auch das Psychische dem Gesetz von der Erhaltung der Energie nicht unterliege, sich also in dieser Hinsicht ähnlich verhalte, wie seine „nicht-energetischen Kräfte“, zu denen er als eine dritte Gruppe auch die „psychischen Kräfte“ rechnet.

Ohne hier das ganze psycho-physische Problem aufrollen zu wollen, sei doch der Hinweis gestattet, daß mit der angedeuteten Anschauung vieler Naturforscher das Psychische keineswegs aus dem Kreise einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit, die für „Materielles“ und „Psychisches“ gleicherweise gilt, ausgeschlossen zu werden braucht (vergl. S. 112 u. 197 ff.). Demgegenüber aber bedeutet „äquivalentlose Zerstörbarkeit“ der „nicht-energetischen“ Kräfte und ihre „Vermehrung aus sich selbst“ ein völlig gesetzloses Walten dieser Kräfte, zu welcher Auffassung wir durch nichts genötigt werden[2]). Wenn Reinke meint, daß durch die gedachte Annahme die „Kausalität“ nicht be-

1) Das dürfte Reinkes Gedankengang sein.

2) Welche Last von triftigen Gründen sollte ein Naturforscher verlangen, um sich zu einer solchen, mit der allgemeinen Naturgesetzmäßigkeit im Widerspruch stehenden, Anschauung bekennen zu dürfen!

einträchtigt werde, so ist das eine Täuschung; spricht er doch selbst von einem „kausalen Einfluß“ der „Systemkräfte“ (S. 40), der also mit ihrer „Zerstörung“ äquivalentlos verschwindet; überhaupt können doch die Systembedingungen, in denen die „Systemkräfte“ enthalten sein sollen, nur durch Arbeitsaufwand verändert werden.

Abgesehen aber von diesen allgemeinen Gründen, die gegen die Hypothese der „Systemkräfte“ sprechen, läßt sich auch im einzelnen zeigen, daß besondere Kräfte dieser Art gar nicht existieren. Knüpfen wir an ein von Reinke gewähltes Beispiel an: „Die Systembedingungen einer mit Betriebsenergie geladenen Taschenuhr wirken als Systemkräfte mit bei der erstrebten eigenartigen Drehung der Zeiger. Ob diese Systemkräfte sich mit den energetischen Mitteln der Härte und Elastizität des Stahls durchsetzen, ist nebensächlich; es sind doch nicht-energetische Kräfte; denn einmal kann ich durch einen Hammerschlag jene ganzen Systemkräfte der Taschenuhr äquivalentlos zerstören; andererseits vermögen die Systembedingungen allein, also in einem abgelaufenen Uhrwerk, keine mechanische Arbeit zu leisten“. (l. c. S. 40).

Um das Verfehlte dieser Darlegung zu erkennen, brauchen wir uns nur das Wesentliche der Systembedingungen im Sinne der Physik etwas näher anzusehen. Diese sind bekanntlich gegeben in den Zusammenhängen oder Verbindungen der Massenteilchen eines Systems und können vollständig ersetzt gedacht werden durch eine Anzahl „innerer Kräfte“ (vergl. H. Hertz), die unter sich im Gleichgewicht sind. Neben der Energiemenge, die mit diesen Kräften gegeben ist, die aber für Arbeitsleistungen nicht disponibel ist, kommt die Anordnung und Richtung dieser Kräfte noch vor allem in Betracht. Zur Erläuterung hiervon diene zunächst das folgende einfache Beispiel:

Eine Kugel, die, über eine schiefe Ebene herabrollend, irgendwelche Arbeit leisten kann, vermag dies nicht mehr, sobald die Ebene horizontal ist. In beiden Fällen ist der Gehalt an innerer Energie, welchen der die schiefe Ebene darbietende Körper besitzt, innerhalb weiter Grenzen gleichgültig für die Arbeitsleistung der Kugel, wohl aber ist diese letztere in ganz bestimmter Weise abhängig

von der Anordnung und Richtung der inneren (mechanischen) Kräfte der Ebene. Auf der horizontalen Ebene sind diese Kräfte, welche den Gegendruck der Ebene darstellen, so angeordnet und gerichtet, daß sie im Berührungspunkte der Kugel mit der Ebene stets in der Richtung der Verbindungslinie des Schwerpunktes der Kugel mit dem der Erde wirken; auf der schiefen Ebene dagegen stets in einer Richtung, die mit derjenigen der Schwerkraft einen spitzen Winkel bildet.

Wenden wir das eben Dargelegte auf das Reinkesche Beispiel von der Uhr an. Die Horizontalstellung der vorher schiefen Ebene ist im Wesentlichen vergleichbar dem Zerschlagen der Uhr; prinzipiell könnte die völlige Zerstörung der Uhr auch durch eine nicht zu geringe Dislokation eines Rades derselben ersetzt werden. Die innere Energie der Uhr wird durch die Dislokation des Rades ebenso unwesentlich geändert, wie diejenige der Ebene bei der genannten Horizontallegung; es ändert sich hier nur die Anordnung und die Richtung der in den beiden Systemen vorhandenen Kräfte. Hier derjenigen der Ebene, der Kugel und der Erde, dort derjenigen der verschiedenen Räder usw. Man sieht also, daß die „äquivalentlose Zerstörung" der Systemkräfte (S. 133) eine Illusion ist; diese angebliche Zerstörung ist nichts weiter als eine Änderung der Anordnung und Richtung der Kräfte des Systems, vor allem der nichtarbeitsfähigen (Systembedingungen), oder kurz, eine Änderung der Konfiguration des Systems. Das ist aber auch das einzige, was sich ändert. Diese Konfigurationsänderungen aber als eine „Vernichtung von Systemkräften" zu bezeichnen, hat gar keinen Sinn, ebensowenig wie die Behauptung von der „Äquivalentlosigkeit" dieser Kräfte. Von etwaigen Äquivalenten käme hier nur dasjenige für den Energieaufwand in Betracht, durch den die Konfigurationsänderung bewirkt wurde. Dieses Äquivalent kann zum Teil in geringen Änderungen der inneren und der mechanischen Energie des betreffenden Systems bestehen, vorwiegend aber wird es wohl Wärme sein.

Das von Reinke gemeinte Problem, welches in diesen Vorgängen steckt, und dessen ungenügende Erfassung ihn zu der ganz

unnötigen Annahme der Systemkräfte des Organismus und der vom Menschen erbauten Maschinen geführt hat, lautet aber: Wie kommt die eigenartige, oben näher bezeichnete Konfiguration des Organismus zustande? Diese Frage kann aber von aller Teleologie frei bleiben; denn sie gilt in gleicher Weise auch für die Konfiguration unbelebter von selbst entstandener Körper, sogar für Änderungen so einfacher, materieller Systeme, wie einer Ebene, durch die ein fester Körper unterstützt wird, und die durch äußere Kräfte, wie z. B. ein Erdbeben, schief gestellt wird.

Bei dieser Gelegenheit sei noch kurz auf einen anderen sehr schwachen Punkt der Reinkeschen Darlegungen aufmerksam gemacht. Nur die Systembedingungen von Organismen und Maschinen sollen „Systemkräfte" enthalten (l. c. S. 40). Wie steht es dann aber mit den einfachen Maschinen, wie z. B. mit einem Keil? Wenn ich Reinke recht verstehe, so würde er dem Keil keine Systemkräfte zuerkennen, da dieser auch von selbst, ohne Mithilfe von Organismen, entstehen kann. Aber ein von Menschenhand geformter Keil müßte nach Reinke doch Systemkräfte haben, auch wenn er objektiv hinsichtlich seiner Energieverhältnisse und Systembedingungen sich nicht wesentlich von einem von selbst entstandenen Steinkeil unterscheidet. Auf solche Widersprüche trifft man überall, wenn man den Reinkeschen Vorstellungen über die „Systemkräfte" und „Dominanten" auf den Grund geht. Das wird jeder kritische Leser finden, der sich durch die glatte Form der Reinkeschen Darstellungen nicht abhalten läßt, auch einmal nachzusehen, was unter jener glänzenden Oberfläche liegt.

Es ist daher auch keineswegs zutreffend, wenn Reinke meint, daß sich seine Annahme von „nicht-energetischen" Kräften nicht weiter von der Erfahrung entferne, als die Hypothese von den „verborgenen Massen und Bewegungen" von H. Hertz (Reinke, S. 193). Vielmehr besteht zwischen diesen beiden Hypothesen ein fundamentaler Unterschied: Die Hertzschen „verborgenen Massen und Bewegungen" sind ausdrücklich dem „Grundgesetz" der ganzen Mechanik unterstellt und damit gleichzeitig klar definiert, während die Reinkeschen „nicht-energetischen" Kräfte gerade durch ihre Abweichung vom

allgemeinen Kausalgesetz charakterisiert sind, was in Wirklichkeit eine völlige Gesetzlosigkeit bedeutet; ganz abgesehen davon, daß die Systemkräfte und Dominanten, wie wir sahen, neben den allgemeinen Merkmalen der Körper gar keine Existenz besitzen. Darauf, daß die sog. psychischen Kräfte bei richtiger Fassung aus der allgemeinen Gesetzmäßigkeit des Geschehens nicht ausgeschlossen zu werden brauchen, wurde früher schon an verschiedenen Orten andeutungsweise hingewiesen.

Diese Kritik der Reinkeschen Finalitätshypothese läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Selbst wenn es nicht möglich wäre, die Erscheinungen des Lebens nach einer allgemeinen, einheitlichen Gesetzmäßigkeit zu begreifen, so werden wir doch Erklärungen, die sich so unklarer und widerspruchsvoller Mittel, wie der Reinkeschen Hypothese, bedienen, nicht als Aufklärung betrachten können.

Die „Entelechie"-Hypothese von H. Driesch.

Zur allgemeinen Charakteristik der Hypothese.

Im Anschluß an die Finalitätshypothese Reinkes mag hier noch die mit ihr verwandte Entelechiehypothese von Driesch einer kritischen Betrachtung unterworfen werden. Was bei Reinke die „nichtenergetischen" Kräfte leisten sollen, das tut bei Driesch die „Entelechie", eine „intensiv-mannigfaltige Konstante", welche jedem lebendigen Individuum eigentümlich ist, und etwa seine Systembedingungen ausmacht (c, S. 202 f.). Zur näheren Charakterisierung dieser der Aristotelischen nicht unähnlichen „Entelechie" seien folgende Sätze aus Driesch zitiert (c, S. 205 ff.):

„Kraft ihres Wissens und Wollens ergibt sich die Leistung der Entelechiekonstanten als auswählend-regulatorische und zugleich als solche, die sich auf das Ganze des jeweiligen Individuums erstreckt: sie hemmt und löst Potentiale, wo es nötig ist, nach Maßgabe des Verhältnisses zwischen dem fertig gedachten Individuum und seinem realen Zustand; sie baut und repariert wie ein Mensch."

„Woher hat nun Entelechie alle die Eigenschaften, durch die wir sie soeben beschreibend kennzeichneten? Sie hat sie, weil wir

sie ihr im Sinne erweiterter Wirklichkeit geben, und wir geben sie ihr, weil wir sie ihr geben müssen. Wir müssen sie ihr geben, weil die sonst vorhandene Unverständlichkeit gewisser Reihen organischer Phänomene uns dazu zwingt:

„Alles Unverständliche, z. B. das Logische und die Erfahrung bei Handlungen, das Harmoniebewahren in der Formbildung, verlegen wir in konstruierte Naturfaktoren, um es dann aus ihnen zu begreifen; nun ‚erklärt' der Naturfaktor, im besonderen die Naturkonstante, das vorher Unverständliche.

„Eine offenbare Selbsttäuschung, sagt man uns, und dazu eine Verteidigung der berühmten ‚Virtus dormitiva' des Opiums. — Mag sein!"

Mit diesen Worten gesteht Driesch selbst den Bankerott seiner Entelechielehre ein. Er verzichtet auf eine Erklärung aller der besonderen Eigentümlichkeiten des Lebendigen, indem er diese schlechthin als Eigenschaften der angeblich nicht weiter analysierbaren „Entelechie" ausgibt. Diese unterscheidet sich also von der Lebenskraft des älteren Vitalismus nur dadurch, daß sie, was Driesch ausdrücklich hervorhebt (S. 206), die „Notwendigkeit" des Geschehens nirgends und niemals durchbreche, eine Auffassung, die wir übrigens auch schon bei Vitalisten um die Mitte des 19. Jahrhunderts finden. Demnach hat die Entelechielehre kaum einen Vorzug vor dem längst abgetanen älteren Vitalismus.

Die fünf „Autonomiebeweise" des Lebens und ihre Beleuchtung.

Es ist entschieden wünschenswert, den Grund zu wissen, der einen so scharfsinnigen Kopf wie Driesch zu so offenbar unbefriedigenden Anschauungen gelangen ließ. Dieser Grund wurzelt zum Teil gewissermaßen in einem Verdienst von Driesch, nämlich in der Auffindung zahlreicher für das lebendige Geschehen charakteristischer Tatsachen und in der scharfen Formulierung verschiedener biologischer Probleme, die ihm manche einer monistischen Anschauung erwachsenden Schwierigkeiten besonders nahe gerückt haben. Driesch hat das hier hauptsächlich in Betracht Gezogene neuerdings in seinen fünf Beweisen der „Lebensautonomie" zusammengefaßt (c, S. 112 ff.).

Die betreffenden Vorgänge gehören sämtlich zu den „organischen Regulationen“ (vergl. unten S. 164).

Der erste und zweite Beweis gründen sich auf die Eigentümlichkeiten der von Driesch so bezeichneten harmonisch-äquipotentiellen Systeme. Der erste Beweis sei gegeben durch die Harmonie der Entwicklung solcher Systeme. Er betrifft das sog. Lokalisationsproblem. Für den zweiten Beweis werden die sog. komplexen Potenzen verwertet, welche die Teilchen der harmonisch-äquipotentiellen Systeme gewöhnlich besitzen. Die Beweise drei bis fünf knüpfen an die komplizierten Bewegungsreaktionen der höheren mit Nervensystem begabten Tiere an, nämlich an die „Handlungen“.

Indem ich mit der kritischen Besprechung dieser Autonomiebeweise von Driesch beginne, möchte ich nicht verfehlen zu bemerken, daß es nicht meine Absicht sein kann, hier auf die vielen Einzelheiten einzugehen, welche ihr Urheber in seinen zahlreichen ausführlichen Darstellungen des Gegenstandes gibt, daß ich mich vielmehr nur bemüht habe, die wesentlichen Punkte herauszugreifen und zu beleuchten.

Es scheint mir der Übersichtlichkeit der Darstellung zu entsprechen, wenn ich mit dem zweiten Beweis beginne, da die ihm zugrunde liegenden Tatsachen auch für den ersten schon vorausgesetzt sind.

1. Der zweite Beweis der „Lebensautonomie“ beruht auf Tatsachen folgender Art: Aus dem Kambiumgewebe der höheren Pflanzen entstehen je nach den äußeren Bedingungen entweder Sprossen oder Wurzeln. Ferner, um ein Beispiel aus dem Tierreich zu nennen: Eine Furchungszelle des Vierzellenstadiums des Seeigelkeims kann sich je nach den äußeren Bedingungen zu einem ganzen Embryo, zu einem halben oder zu einem Viertelembryo entwickeln. Isoliert man eine solche Furchungszelle, so wächst sie zu einem ganzen Tier aus. Läßt man sie mit nur einer zweiten Zelle in Zusammenhang, so entsteht aus diesen beiden Zellen wiederum ein ganzes Tier; es liefert jetzt also jede Zelle einen halben Embryo. Verbleibt endlich die Furchungszelle im normalen Zusammenhang mit den drei übrigen, so bildet jetzt jede von diesen vier Zellen ein Viertel des sich entwickelnden

Embryos. Da also ebenso wie aus der ganzen Furchungskugel auch aus einer einzelnen Furchungszelle des Vierzellenstadiums, ja eventuell auch des 8-, 16-, 32-Zellenstadiums ein ganzer, wenn auch jeweils entsprechend verkleinerter Embryo werden kann, so ist das Entwicklungsergebnis auch von der Menge der Substanz in hohem Grade unabhängig.

Die Eigentümlichkeit der entwicklungsfähigen Keime eines Organismus, nämlich der Zellen oder auch der Teile von solchen, je nach den äußeren Bedingungen verschiedene typische Entwicklungsergebnisse zu liefern (Sprossen oder Wurzeln; ganzen Embryo oder seitliche vordere bezw. hintere Hälfte, oder vorderes bezw. hinteres Viertel), bezeichnet Driesch als ihre „komplexe Potenz". Und er behauptet, daß diese komplexen Potenzen „harmonisch-äquipotentieller" Systeme [1]) nach den allgemeinen Gesetzen der anorganischen Natur nicht zu begreifen seien, da nämlich keine, noch so komplizierte Maschine erdacht werden könne, von der jedes Element sich wieder zur ganzen Maschine oder zu beliebigen Teilen derselben zu entwickeln vermöge, sogar in jeder beliebigen Größe.

Bei der kritischen Betrachtung dieser Anschauungen treffen wir zunächst auf einen eigentümlichen Irrtum Drieschs, der sich bei allen fünf Beweisen wiederholt, nämlich auf die Annahme, daß nach Ansicht der Nicht-Vitalisten die besonderen Eigentümlichkeiten des lebendigen Organismus aus seiner Auffassung als Maschine erklärt werden müßten, wobei „Maschine", wie sich aus dem Zusammenhange und dem Mangel einer besonderen Definition ergibt, von Driesch in dem gewöhnlichen engeren Sinne gemeint ist. Man hat ja häufig den Organismus mit einer Maschine verglichen, etwa einer Dampfmaschine, Gaskraftmaschine u. dgl., aber auch oftmals mit dem Vermerk, daß dieser Vergleich einseitig sei. In der Tat ist dieser Maschinenbegriff für den Organismus zu eng. Der letztere muß zum mindesten unter den Begriff des „materiellen Systems" subsumiert werden, welcher indes bei Berücksichtigung der psychischen Quali-

1) Die Definition von „harmonisch-äquipotentiellen" Systemen wird nachher gegeben werden (S. 142).

täten der höheren Organismen auch noch kaum weit genug ist (vergl. S. 200). Gegen die Anwendung des freilich wenig gebräuchlichen allgemeinsten Begriffes von Maschinen, wie ihn H. Hertz (S. 233) definiert, ließe sich wohl kaum etwas einwenden, ebensowenig gegen einen ähnlich einmal von W. Oswald (a, Bd. II, S. 35) gebrauchten Maschinenbegriff, der Driesch zwar bekannt ist und dessen wirkliche Nutzanwendung ihn von den soeben angefochtenen Anschauungen hätte abbringen müssen.

Darin allerdings kann man Driesch wohl nicht widersprechen, daß eine Maschine nach Art einer Dampfmaschine oder auch eines Phonographen nicht mit den Eigenschaften harmonisch-äquipotentieller Systeme ausgestattet gedacht werden kann. Wohl aber dürften ganz allgemein „materielle Systeme“ mit diesen Eigenschaften denkbar sein, was das folgende Beispiel dartun möge. Hierbei sei zunächst auf eine Analogie mit dem Verhalten der Furchungszellen hingewiesen:

Bringt man einen Tropfen von Ferrocyankaliumlösung in eine Lösung von Kupfersulfat, so umgibt er sich mit einer Niederschlagsmembran von Ferrocyankupfer; es entsteht eine „Traubesche Zelle“. Hat man den beiden Lösungen diosmierbare Substanzen beigesetzt, die aufeinander reagieren, ferner osmotisch wirksame Stoffe usw., so ist eine ziemlich komplizierte Entwicklung des Tropfens möglich. Denken wir uns zwei solcher, eben entstandener Zellen zusammengebracht, so daß sie sich mit einer breiten Fläche berühren, so wird jetzt die Entwicklung jeder dieser Zellen erheblich anders ausfallen, als wenn sich jede für sich allein entwickelt hätte. Während nämlich bei der einzelnen isolierten Zelle die Hauptdiffusionsströme von und nach dem geometrischen Mittelpunkt des Tropfens stattfanden, und an seiner Peripherie überall in gleicher Weise die zusammen reagierenden Stoffe der beiden Lösungen zusammentrafen, werden jetzt durch den Abschluß eines Teiles der Tropfenoberfläche — wir brauchen nur einen Tropfen ins Auge zu fassen — von dem direktesten Verkehr mit der Umgebung die Stoffwanderungen und Stoffumsetzungen im Tropfen ganz asymmetrisch. Nehmen wir an, daß die Reaktionsprodukte sehr empfindlich von den Massenverhältnissen der beteiligten Stoffe abhängen, daß ferner die Reaktionen in mehre-

ren Phasen nacheinander verlaufen, daß endlich Wärmetönungen, Niederschläge, Auflösungen eine Rolle spielen usw., so können wir uns vorstellen, daß die Zelle eines Zweizellensystems sich in chemisch-physikalischer und in morphologischer Hinsicht erheblich abweichend von einer solitären Zelle entwickeln wird.

Isolieren wir ferner in einem nicht zu späten Entwicklungsstadium eine der zusammengekoppelten Traubeschen Zellen wieder, so wird sie sich in ihrer weiteren Entwicklung abermals ihrem ursprünglichen vor der Verkoppelung eingeschlagenen Entwicklungsgange nähern; ähnlich der Furchungszelle, die im normalen Verbande mit den anderen schon die inneren Differenzierungen erlitten hatte, welche die Ausgestaltung eines bestimmten Teiles des Embryos einleiten, die aber durch die Trennung aus dem Verbande der Furchungskugel nochmals derartige innere Umwälzungen erfährt, daß sie doch noch einen ganzen Embryo hervorzubringen imstande ist.

Auch hinsichtlich der Größenverhältnisse (vergl. S. 139) ist die Analogie unseres Beispiels mit der Entwicklung harmonisch-äquipotentieller Systeme durchführbar. Die Entwicklung der Traubeschen Zellen ist nämlich bei gleicher stofflicher Zusammensetzung der in Betracht kommenden Medien im wesentlichen unabhängig von der Größe der verwendeten Tropfen.

Man könnte den genannten Vergleich auch auf vier Traubesche Zellen ausdehnen usw. Selbstverständlich aber wird er nicht nach allen Richtungen hin durchführbar sein. Wir finden eben bei näherem Zusehen immer wieder, daß zwar alle wesentlichen Merkmale des Lebendigen auch bei anorganischen Systemen vorkommen, daß sie hier aber zerstreut auftreten, das eine Merkmal bei diesem, das andere bei jenem System. Charakteristisch für das lebendige System ist eben die eigenartige Kombination aller dieser Merkmale in demselben System.

Eine Analogie sei auch noch angegeben für die Entwicklung des Kambiums, die teils zu Sprossen, teils zu Wurzeln führt (vergl. S. 138). In dieser Hinsicht ist es einleuchtend, daß die Entwicklung der Traubeschen Zelle in hohem Grade von der stofflichen Beschaffenheit der Umgebung abhängig ist, wie überhaupt die äußeren

Faktoren, selbst schon geringe Änderungen des Druckes und der Temperatur, für die Entwicklung chemischer Systeme von ausschlaggebender Bedeutung sein können. Es wäre wohl zwecklos, durch kompliziertere Beispiele die Analogieen noch weiter treiben zu wollen.

2. Wir kommen nun zu dem ersten Drieschschen „Autonomiebeweis", nämlich zum „Lokalisationsproblem". Es handelt sich hierbei um Tatsachen der folgenden Art:

Bei der Entwicklung des Echinidendarmes treten an bestimmten, durch die Größenverhältnisse des Ganzen gegebenen, Stellen zwei Einschnürungen ein; und zwar werden stets diese „ordnungsgemäßen, richtigen" Stellen für die Einschnürungen gewählt, auch wenn man den Darm durch operative Eingriffe verkleinert hat. Driesch charakterisiert dieses Wesentliche der „örtlichen Harmonie" a. a. O. (b): Im Laufe der Entwicklung eines anfangs äquipotentiellen Systems, d. h. eines Systems, dessen einzelne Teile gleiche „Schicksalsmöglichkeit" besitzen, sowie derjenigen eines beliebigen Bruchteils eines solchen Systems, werden bestimmte Differenzierungen stets so lokalisiert, daß durch diese Lokalisation der typische Ablauf der Gesamtentwicklung garantiert wird.

Es scheinen mir hierbei besonders zwei Punkte wesentlich: Erstens entwickeln sich die einzelnen äquipotentiellen Teilchen des Systems je nach den Bedingungen verschieden, zweitens aber erfährt ein jedes Teilchen gerade diejenige Differenzierung, welche an seinem Ort zu der betreffenden Zeit erforderlich ist, damit das „typische" Geschehen, die typische Gestaltung zustande kommt. Und dies alles gilt nicht nur für die Teilchen des unversehrten, ganzen Systems, sondern auch für diejenigen verschiedener Bruchstücke desselben.

Bütschli hat es schon unternommen zu zeigen, daß die „harmonische" Entwicklung auch im Reiche des Unbelebten Analogieen habe. Von seinen Beispielen sei nur eines angeführt: Zwei verschieden große Zylinder der gleichen Flüssigkeit, bei denen Länge und Durchmesser im gleichen Verhältnis stehen, zerfallen, sobald man sie über ein gewisses Maß dehnt, auf Grund ihrer Oberflächenspannungsverhältnisse in die gleiche Anzahl gleich geordneter Kugeln. Dieses Beispiel zeigt zwar eine gewisse Analogie mit der „harmo-

nischen Entwicklung“ äquipotentieller Systeme, aber im Grunde ist sie doch unvollkommen, was auch Driesch schon hervorgehoben hat (b). Er nimmt besonders an der Homogenität des Flüssigkeitszylinders Anstoß, da der Organismus aus differenten oder sehr bald sich differenzierenden Teilen kombiniert sei. Dieser Einwand gründet sich also auf den zweiten der oben von mir hervorgehobenen Punkte (S. 142). Bei dem Echinidendarm nämlich entwickeln oder differenzieren sich die einzelnen Teile (Zellen) relativ selbständig nach verschiedenen Richtungen und finden sich trotzdem stets zu dem harmonischen Resultat zusammen, während die Teile des Flüssigkeitszylinders keine differenten Entwicklungen durchmachen und durch dieselben ihrem Verbande gemeinsamen Kräfte einheitlich beherrscht werden. Mit anderen Worten: die Entwicklungsprozesse der einzelnen Zellen des Seeigelbruchstückes stellen ebensoviele in hohem Grade von einander unabhängige, nebeneinander verlaufende „Kausalketten“ dar, die trotz ihres zum Teil verschiedenen Verlaufes stets in der Weise örtlich und zeitlich zusammenwirken, daß das typische Entwicklungsergebnis immer erreicht wird. Dagegen haben wir es beim Flüssigkeitszylinder nur mit einer einzigen Kausalkette zu tun.

Auch die mit Rücksicht auf die mechanische Analyse mancher Lebenserscheinungen sehr interessante Tatsache der spiraligen Sprungfiguren eingetrockneter Schichten von Hühnereiweiß, worüber Rhumbler in der Diskussion über einen Vortrag von Driesch (b) berichtete, scheinen mir ebenfalls aus dem zuvor erörterten Grunde nicht die gewünschte vollständige Analogie zu liefern. Gleichwohl dürften solche, wenigstens im wesentlichen vollständige, Analogieen auffindbar sein:

Das für die örtlich-zeitliche Harmonie charakteristische Zusammenwirken einzelner Kausalketten zu einem typischen, dauerfähigen Entwicklungsresultat ist nämlich auch der anorganischen Natur keineswegs fremd. Man denke z. B. an einen Vorgang folgender Art:

Ein Klümpchen kleiner, aneinander haftender Tröpfchen eines zähen Fettes wird in eine Flüssigkeit versenkt, die einerseits ein

Alkali enthält, das mit dem Fett eine unlösliche Seife bildet, andererseits beliebige Stoffe, die mit gewissen, im Fett gelösten Körpern mannigfach chemisch reagieren. Die einzelnen Fetttröpfchen sind „äquipotentiell", entwickeln oder differenzieren sich aber unter den gegebenen Bedingungen verschieden. Die an der Peripherie des Komplexes befindlichen Tröpfchen bedecken sich zunächst an ihrer freien Oberfläche mit unlöslicher Seife. Wenn wir nun ferner annehmen, was prinzipiell ohne Schwierigkeit ist, daß die Seifenhülle den Stoffaustausch zwischen Fett und Umgebung gestattet: dann werden zunächst in den Tröpfchen der obersten Schichten des Fettklümpchens weitere Änderungen Platz greifen durch Einwanderung und Auswanderung von Stoffen und durch Ansammlung von Reaktionsprodukten; und diese Änderungen werden nach dem Inneren des Klümpchens hin immer mehr abnehmen. Wir können nun den Zustand des Systems, in dem seine Teilchen sich in der angegebenen Weise verschieden differenziert haben, als das typische, eine Zeit lang sich erhaltende Entwicklungsresultat des Systems bezeichnen. Für dieses Resultat paßt die obige Charakterisierung harmonisch äquipotentieller Systeme vollkommen: Die einzelnen „äquipotentiellen" Teilchen (Fetttröpfchen) entwickeln sich verschieden, und zwar je nach ihren Lagebeziehungen zum umgebenden Medium. Sie liefern aber, mag man das Fettklümpchen größer oder kleiner nehmen, stets dasselbe typische Entwicklungsergebnis folgender Art: An der Oberfläche des Klümpchens finden wir immer die Seifenhaut und in den aufeinanderfolgenden Schichten der Tröpfchen das gleiche stufenweise Abnehmen gewisser chemischer und morphologischer Veränderungen.

Gegen das eben vorgeführte Beispiel, sowie gegen das früher in Sachen des zweiten „Autonomiebeweises" Angegebene möchte man vielleicht, obgleich sie den von Driesch erhobenen Forderungen genügen dürften, doch noch folgende zwei Einwände machen: Es könnte erstens etwa gewünscht werden, daß die Entwicklung der Teilchen der unbelebten Komplexe in höherem Grade, als dies in den Beispielen der Fall ist, durch innere Faktoren bedingt sei, wodurch die Teilchen einer entwicklungsfähigen lebendigen Masse ja besonders ausgezeichnet sind. Hier liegt aber gewiß nur ein

quantitativer und kein prinzipieller Unterschied vor, der sich durch Ersinnung komplizierterer Beispiele wohl beliebig vermindern ließe. Würden die Chemiker die Auffindung möglichst analogiereicher Beispiele für den vorliegenden Zweck mit demselben Aufwand von Erfindungskunst betreiben, wie er auf dem Gebiete der Technik zur Konstruktion der zahlreichen höchst komplizierten Maschinen geführt hat (es sei z. B. nur an die automatischen Schnelldruckpressen und dergl. erinnert), so ließen sich gewiß viel bessere Beispiele darbieten. In augenblicklicher Ermangelung solcher sei daher nochmals wiederholt, daß es unwesentlich ist, ob die Entwicklung der äquipotentiellen Teilchen mehr durch innere oder durch äußere Faktoren bedingt wird; die Hauptsache ist doch, daß durch ihre gegenseitigen Lagebeziehungen die verschiedenen Entwicklungsprozesse der Teilchen zu dem typischen Gesamtergebnis der Entwicklung hingeführt werden. Und in diesem Punkte stimmen das lebendige und das als Beispiel gewählte unbelebte System völlig überein.

Der gedachte zweite Einwand wäre mit dem Hinweis gegeben, daß die als Beispiel angeführten unbelebten Systeme nicht von selbst in der Natur entstehen könnten, sondern nur durch Mitwirkung des Menschen, daß also die spezifischen Eigentümlichkeiten dieser harmonisch-äquipotentiellen Systeme ihnen erst durch den Menschen eingepflanzt seien. Dieses wichtige Problem ist in der Tat durch das bisherige noch nicht gelöst; es wird erst später seine Behandlung finden (S. 202 ff.). Hier kam es nur darauf an, entgegen der Behauptung von Driesch zu zeigen, daß unbelebte materielle Systeme, wofür Driesch irrtümlich „Maschinen“ sagt, mit den Eigenschaften harmonisch-äquipotentieller Systeme möglich sind.

3. Der dritte Beweis der „Lebensautonomie“ stützt sich auf die „Analyse der höchst komplizierten Bewegungsreaktionen tierischer Organismen mit Einschluß des Menschen, auf die Analyse der ‚Handlungen‘.“ Das, was Driesch hier meint, möge mit seinen eigenen Worten wiedergegeben werden:

„Das mit dem ‚Gehirn‘, in Beziehung stehende ‚Reagierende‘ ist hier von solcher Art, daß die Spezifität seiner Reaktionsfähig-

keit durch die Spezifität der Reize, welche es bis dahin gerade getroffen haben, bestimmt wird (‚Erfahrung'). Das Reagierende besitzt also eine ‚historisch gewordene Reaktionsbasis'. Es können nun aber nicht etwa nur, wie z. B. beim Phonographen, die aufgenommenen Reize in ihrer Spezifität reproduziert werden, sondern über die Elemente des kombiniert Aufgenommenen herrscht ‚freie' Verfügbarkeit zu neuer Kombination.

„Eine Maschine als Basis solchen Geschehens ist undenkbar; ist doch eine Maschine eine Einrichtung für etwas Festes, Unveränderliches, während hier gerade das Freie, Variierbare das Wesentliche ist.

„So ergibt sich denn aus der Tatsache, daß den Handlungen eine historisch gewordene Reaktionsbasis zugrunde liegt, ein dritter Beweis für die Autonomie von Lebensvorgängen" (l. c. S. 118).

Daß auch dieser Beweis nicht stichhaltig ist, geht aus folgender Überlegung hervor:

Wir können zunächst für jede „Handlung" eines bestimmten Organismus eine vollkommene Analogie finden in den Handlungen solcher Organismen, die hinsichtlich der Höhe ihrer Organisation nur sehr wenig unter jenem ersteren stehen. Daß ein solches Analogsetzen beim Hinuntergehen bis zu den einfachsten Organismen, etwa zu Amöben, irgendwo einen Widerstand oder eine Lücke findet, dürfte auch Driesch schwerlich annehmen wollen; auch nicht etwa für die schwer zu ziehende Grenze zwischen Organismen mit und ohne Nervensystem. Wollte Driesch diese Grenze gewaltsam herstellen, so müßte er auch zwei prinzipiell verschiedene Arten von „Entelechieen" annehmen, solche für Organismen mit und solche für Organismen ohne Nervensystem.

Doch sehen wir hiervon ab und halten wir uns an die Tatsache des allmählichen Übergangs der Nerventiere zu den Nervenlosen, der ja übrigens auch für die individuelle Entwicklung gilt. Dann können und müssen wir sagen, daß die „Handlungen" einer Amöbe nicht prinzipiell, sondern nur quantitativ durch ihre relative Einförmigkeit sich von den mannigfaltigen kompliziert-bedingten der höheren

Tiere unterscheiden. Kennen wir daher in der unbelebten Natur Analogieen zu den „Handlungen“ der Amöbe, so gelten diese auch für die „Handlungen“ der höheren Nerventiere. Solcher Analogieen zwischen Amöben und unbelebten Systemen gibt es aber genug. Es braucht nur an die Nachahmung aller der verschiedenen Bewegungserscheinungen der Rhizopoden durch Öltropfen und Ölschäume erinnert zu werden, an die Handlungen der Nahrungsaufnahme, der Defäkation, der positiven und negativen Chemotaxis und Thermotaxis, des Gehäusebaues usw. (vergl. besonders die Arbeiten von Berthold, Bütschli, a, und Rhumbler). Wir müssen also auf Grund dieser Überlegungen die Beweisführung Drieschs als mißlungen bezeichnen.

Eine ausführlichere Behandlung des gedachten Problems würde uns tief in die Psychophysik hineinführen, was hier unterbleiben möge. Nur auf zwei wesentliche Punkte will ich noch eingehen:

Der eine betrifft die „Erfahrung“ in dem von Driesch definierten Sinne (S. 145 f.). Eine solche „Erfahrung“ primitivster Art ist aber schon gegeben, wenn z. B. unter der wiederholten Einwirkung einer deformierenden Kraft eine Feder geschmeidiger wird. Hier kann man die einwirkende Kraft als den spezifischen Reiz auffassen, durch den die spezifische Reaktion der Feder, nämlich eine bestimmte Deformation mit entsprechender Spannungsvermehrung, erleichtert wird.

Die zweite zu erörternde Frage ist diejenige der freien Verfügbarkeit des vom Hirn Aufgenommenen zu neuen Kombinationen (S. 146). Hier ist der Nachweis von Analogieen mit anorganischen Verhältnissen dadurch erschwert, daß wir die eigenartigen Beziehungen zwischen äußeren Einwirkungen („Reizen“) und den durch sie hervorgerufenen relativ beständigen Vorstellungen nur aus der Selbstbeobachtung, also nicht als etwas rein „Objektives“ kennen. Schon z. B. die Beziehungen zwischen den Bewegungen des Aufnahmestiftes eines Phonographen und den Eindrücken der Walze sind erheblich verschieden von den genannten psychophysischen Beziehungen. Läßt man dennoch diesen Vergleich zu, so muß man auch hier eine gewisse Verfügbarkeit der „Eindrücke“ zu neuen Kombinationen einräumen. Denkt man sich nämlich den Wiedergabestift zeitweilig von

der Walze abgehoben, oder mehrere Wiedergabeapparate in beliebigen zeitlichen und örtlichen Kombinationen zusammenwirken, sowie auch die Walze verschieden schnell rotieren, so kann man die Eindrücke der letzteren in mannigfacher Weise kombinieren. Die Art der Kombination hängt also neben der Beschaffenheit der Walze auch noch von den übrigen Bedingungen des Phonographen ab.

Ganz ähnlich ist es aber mit dem Gehirn. Wir haben keinen Grund, daran zu zweifeln, daß die Art der Kombinationen der Vorstellungen außer von ihrer Anordnung beim ersten Auftreten im Bewußtsein auch von dem jeweiligen Zustand des ganzen Zentralnervensystems abhängt, daß also die Kombination gewisser Vorstellungen stets durch die Gesamtheit der im Bewußtseinsorgan zur Zeit gegebenen Bedingungen unverrückbar eindeutig bestimmt ist[1]). Damit ist aber ausgedrückt, und zwar ganz im Sinne der Erfahrung, daß die „Kombinationsfähigkeit" des Bewußtseinsorgans ebenfalls ihre streng gezogenen Grenzen besitzt. Daß diese Fähigkeit so unübersehbar mannigfaltig und ausgedehnt erscheint, hat seinen Grund wohl darin, daß der Zustand des Zentralnervensystems, und im besonderen des Gehirns, äußerst veränderlich ist infolge seiner Zusammensetzung aus so zahlreichen verschiedenen, mit sehr lebhaftem und doch stationärem Stoffwechsel begabten Zellen, die sich zudem gegenseitig beeinflussen. Durch Berücksichtigung dieser Umstände wird uns das eigenartige Verhalten des Gehirns als „historisch gewordener Reaktionsbasis" verständlich, auch wenn wir z. Z. nicht in der Lage sind, etwa ein System chemisch aufeinander reagierender Stoffe zu ersinnen, welches die gewünschten Analogieen darböte (vergl. hierzu indessen S. 145 oben).

4. Wenden wir uns zum vierten „Beweis", der ebenfalls in Eigentümlichkeiten der „Handlungen", und zwar in den folgenden, gegeben sein soll (l. c. S. 118 f.):

„Handlungen erfolgen auf typisch kombinierte, ‚individualisierte' Reize hin; sie selbst bestehen in ebenso ‚individualisierten', auf Grund der ‚historischen Reaktionsbasis' erfolgenden Reaktionen.

1) Vergl. die einschlägige psychologische und psychophysiologische Literatur.

Es kann nun aber durchaus nicht jeweils ein Element der Reizkombination als zureichender Grund je eines Elementes der Effektkombination gelten. Vielmehr kann z. B. die physisch geringfügigste Variation eines einzigen Reizelementes die gesamte Effektkombination verändern, und umgekehrt kann diese oftmals bei völliger physischer Änderung der Reizkombination dieselbe bleiben.

„Dafür ist eine Maschine unersinnbar, vielmehr geht die geschilderte ‚Individualität der Zuordnung' nach Regeln, die als ‚Abstraktion', ‚Logik' usw. bezeichnet werden, also nach autonomer Gesetzlichkeit, vor sich."

Hier sei nur an die von Driesch angedeuteten, etwas spezielleren Fälle angeknüpft: Fast gleiche Reize (m. E. sogar völlig gleiche Reize) können bei demselben Individuum sehr verschiedene Handlungen, und umgekehrt verschiedene Reize die gleiche Handlung bewirken. Diese Tatsachen sind aber nach dem S. 148 Ausgeführten sehr wohl „kausal" verständlich. Denn zwei nach einander folgende Reize treffen das „Bewußtseinsorgan" kaum jemals im gleichen Zustande an, es stellt vielmehr, um einen groben Vergleich zu benutzen, in jedem Augenblick eine andere „Maschine" dar. Denken wir uns diese „Maschine" durch „auslösende Ursachen" (= „Reize") in Gang gesetzt, so können wir sagen: Die gleichen auslösenden Ursachen (z. B. Schließung eines elektrischen Kontaktes) können verschiedene Maschinen (Elektromotoren, Chronometer, Phonographen usw.) in Tätigkeit bringen, und verschiedene auslösende Ursachen (Herstellung eines Kontaktes, Aufhebung einer Nebenschließung, Einschaltung eines ausgeschalteten Teiles einer Maschine usw.) die gleiche Maschine.

5. Seinen fünften „Beweis" gründet Driesch auf die angebliche Tatsache, daß größere Teile der Großhirnrinde exstirpiert werden können, ohne daß physische und psychische „Ausfallserscheinungen" auftreten. Diese Auffassung wird aber von der Mehrzahl der kompetenten physiologischen Beurteiler nicht geteilt, weshalb es sich nicht lohnt, näher auf sie einzugehen.

Im Hinblick auf die drei letzten „Autonomiebeweise" sei noch bemerkt, daß von Problemen, wie die ihnen zugrunde gelegten, sich

im Bereiche der Psychophysik wohl noch viele und wohl sogar schwierigere finden lassen dürften. Aber es scheint mir wissenschaftlich nicht zulässig, aus dem Umstande, daß wir die Gesetzmäßigkeiten der ungeheuer komplizierten Prozesse noch nicht näher kennen, zu schließen, daß sie anderer Art seien als die uns bekannten Gesetzmäßigkeiten.

Wir kommen also hinsichtlich des Drieschschen Vitalismus zu dem Ergebnis, daß nicht nur seine Entelechiehypothese wissenschaftlich im höchsten Maße unbefriedigend ist (vergl. S. 136f.), sondern daß auch, was noch wichtiger erscheint, ihr Urheber den Nachweis dafür schuldig geblieben ist, daß die Tatsachen, durch die er zu seiner nichtssagenden Hypothese geführt wurde, aus dem Rahmen der allgemeinen Naturgesetzmäßigkeit heraustreten.

Die „empirische" Teleologie von P. N. Cossmann.

Nicht besser als mit dem Vitalismus von Reinke und Driesch steht es mit Cossmanns teleologischer Hypothese, der von ihm sog. „empirischen Teleologie". Diese unterscheidet sich von den Reinkeschen Anschauungen dadurch, daß sie in der Richtung des von ihm eingeschlagenen Weges noch einen Schritt weiter geht. Während Reinke für die Entstehung der eigenartigen Systembedingungen der Organismen und für die eigenartige Beeinflussung der in ihnen verlaufenden Energieänderungen besondere („nicht-energetische") Kräfte annimmt, verzichtet Cossmann auf derartige Hilfsmittel und glaubt die einfachste Lösung des Problems in der Hypothese zu finden, daß die stofflichen und energetischen Komponenten des Organismus zwar dieselben seien wie diejenigen der unbelebten Systeme, daß aber diese Komponenten im Organismus eine besondere, „teleologische", Gesetzmäßigkeit zeigten.

Diese „teleologische" Gesetzmäßigkeit sei verschieden von der „kausalen", sei dieser koordiniert, ohne die Integrität der letzteren zu verletzen. Beide Gesetzmäßigkeiten seien gleicherweise der Ausdruck einer allgemeinen „Naturnotwendigkeit".

Das für die „teleologische“ Gesetzmäßigkeit Charakteristische erläutert Cossmann (S. 55) folgendermaßen: „Auf eine Erscheinung **c**, die veränderlich ist, folgt eine Erscheinung **d**, die gleichfalls veränderlich ist, und auf diese eine Erscheinung **e**, die zu verschiedenen Zeiten, an verschiedenen Individuen die gleiche ist; **c** ist Teilursache von **d**, **d** Teilursache von **e**. Anders gesprochen: wenn **c** vorhanden ist, folgt **d** so, daß **e** eintritt.“

Diese drei Erscheinungen bezeichnet Cossmann als das „teleologische“ Antecedens, Medium und Succedens, und er definiert die teleologische Gesetzmäßigkeit als einen notwendigen Zusammenhang zwischen drei Zuständen (nämlich dem Antecedens, Medium und Succedens), von denen der erste und zweite variabel, der dritte konstant und das Medium im allgemeinen eine mathematische Funktion des Antecedens und Succedens ist (l. c. S. 63), also

$$M = f\ (A,\ S),$$

worin M das Medium, A das Antecedens und S das Succedens bedeutet.

Als Beispiel wird eine durch das Auge vermittelte Reflexbewegung angeführt. Hier seien die drei Glieder des teleologischen Zusammenhangs die folgenden:

(Antecedens)	(Medium)	(Succedens)
Lichtreiz	Reflex	Schutz
+	variabel	
Organismus	(variabel)	(konstant)

Für diese „teleologische“ Gesetzmäßigkeit ist, wie wir sehen, dreierlei wesentlich:

1. Der Zusammenhang von drei Gliedern; diese Dreizahl braucht Cossmann, um das Medium von dem Antecedens und Succedens abhängig setzen zu können.

2. Diese Glieder sollen „Zustände“ eines Systems sein, die aufeinander folgen; bei dem obigen Beispiel würde man wohl eher von „Vorgängen“ sprechen.

3. Von diesen drei „Zuständen“ sollen die zwei ersten A und M variabel, der dritte S konstant sein; es soll aber M eine Funktion von A und S sein (s. obige Gleichung).

Obgleich jeder, dem der mathematische Funktionsbegriff geläufig ist, ohne weiteres das Unsinnige der Cossmannschen Darlegungen einsieht, so dürfte doch noch eine nähere Beleuchtung dieser Irrtümer wünschenswert sein. Schon aus dem Grunde, weil Männer wie Mach[1]), Ostwald[2]) u. A., die einigen guten Seiten des Cossmannschen Buches ihre Anerkennung gezollt haben, auf eine Kritik seines Hauptinhaltes nicht eingegangen sind, wodurch der Fernerstehende den Eindruck einer allgemeinen Zustimmung gewinnen könnte. Daher scheint mir eine gründliche Aufklärung nötig zu sein.

Zunächst ist die „teleologische Gesetzmäßigkeit“: $M = f(A, S)$ mathematisch unmöglich, aus zwei Gründen:

Erstens kann eine Variable, M, nicht die eine mathematische Funktion einer Konstanten, S, sein; das widerspricht dem Funktionsbegriff; also $M = f(S)$, wo $S =$ konstant, ist sinnlos und damit auch die Cossmannsche Formulierung seiner „teleologischen Gesetzmäßigkeit“.

Zweitens hat es keinen Sinn zu sagen, der Zustand II eines Systems ist eine „Funktion“ von Zustand I: z. B. die Geschwindigkeit v^1, die ein fallender Körper zur Zeit t^1 habe, sei eine „Funktion“ der Geschwindigkeit v zur Zeit t. Wenn nämlich $v^1 = f(v)$ wäre, so müßte zwischen v und v^1, v^2, v^3 usw. stets ein festes zahlenmäßiges Verhältnis bestehen, wie z. B. in der Gleichung $v = f(t)$, welche die funktionalen Beziehungen zwischen Geschwindigkeit und Zeit beim freien Fall angibt, t stets $= \frac{v}{g}$ ist.

Demnach hat es erst recht keinen Sinn, einen Zustand M eines Systems gleichzeitig als Funktion eines früheren Zustandes A und eines späteren Zustandes S darzustellen. Es kann also nach Abstreifung der falsch angewendeten mathematischen Hülle nur ganz

1) „Analyse der Empfindungen“, 3. Aufl., Jena 1902, S. 71, Anm. 2.

2) W. Ostwald in seinem Referat über das Buch von Cossmann in der Zeitschr. f. physikal. Chemie, Bd. XXXII, Heft 2.

allgemein eine Beziehung der drei Zustände zueinander zugegeben werden. Daß M von A abhängig ist, erscheint nicht fraglich: Diese Abhängigkeit besteht einerseits in den funktionalen Beziehungen zwischen den Komponenten des Systems; andererseits ließe sich auch von einer „zeitlichen Abhängigkeit" sprechen, insofern der Zustand A vorausgegangen sein muß, wenn M eintreten soll. In diesem zwiefachen Sinne kann also von einer „Abhängigkeit" zweier Zustände voneinander die Rede sein.

Wenden wir dies auf die „teleologische Gesetzmäßigkeit" an, so könnte man in dem ersteren Sinne wohl auch sagen, daß ein früherer Zustand von einem späteren abhängig sei, insofern die funktionalen Beziehungen zwischen den einzelnen Größen zu allen Zeiten die gleichen sind. Falls Cossmann an etwas Derartiges dachte, als er M auch von S abhängig sein ließ, so ist damit das Gleiche ausgedrückt, wie durch die Bezeichnung der Abhängigkeit des M von A; und Cossmanns „teleologische Gesetzmäßigkeit" wäre dann nichts anderes als die allgemeine „kausale".

Diese Auffassung wird Cossmann daher wohl kaum als die seinige anerkennen.

Eine Abhängigkeit in dem oben bezeichneten Sinne einer zeitlichen Folge der beiden Zustände kann die „teleologische" Abhängigkeit des M von S natürlich auch nicht sein. Da aber außer den funktionalen Beziehungen zwischen den Komponenten eines Systems und der „zeitlichen Abhängigkeit" seiner einzelnen Zustände weitere Abhängigkeiten nicht auffindbar sind, und da ferner Cossmann die Annahme einer „psychischen Präexistenz" des dritten Zustandes, S, also eine vorangehende Zweckvorstellung oder dergl. (vgl. S. 111) von vornherein ausdrücklich ablehnt (l. c. S. 62), so bleibt nur folgende Interpretation seiner „teleologischen Gesetzmäßigkeit" übrig: Entweder muß man annehmen, daß irgend ein Etwas, das erst in der Zukunft sein wird, also noch gar nicht existiert, trotzdem schon in der Gegenwart wirken kann[1]), oder die

1) Daß eine solche, mit der exakten Wissenschaft unvereinbare Ansicht ernsthaft von Naturforschern vertreten wird, zeigt der folgende Satz aus J. Reinkes „Einleitung in die Biologie" (S. 86): „Da das Mittel zeitlich stets dem Zwecke vorausgeht, so wird es be-

ganze „empirische Teleologie“ verdankt ihren Ursprung nur der von ihrem Erfinder so gründlich mißverstandenen mathematischen Funktionsformel, in deren Hülle er die zu erklärenden Tatsachen gewaltsam hineinzwängte, woraus dann dieses mathematische Zerrbild entstand. Unter allen Umständen also erweist sich die „teleologische Gesetzmäßigkeit“ Cossmanns als ein Unding.

Es bleibt nun noch ein Blick auf die Besonderheit der Tatsachen zu werfen, zu deren Erklärung Cossmann seine „empirische“ Teleologie erfand.

Was zunächst die von Cossmann betonte Dreigliedrigkeit des biologischen Geschehens anbetrifft, so ist diese, worauf schon Bütschli (b) hingewiesen hat, gar keine besondere Eigentümlichkeit der Organismen, vielmehr kann man auch beliebige Vorgänge aus der unbelebten Natur, besonders „Auslösungsvorgänge“, in einer dreigliedrigen Formel darstellen. Einige nähere mit Beispielen belegte Ausführungen hierüber befinden sich bei Bütschli. Es sei noch erwähnt, daß man statt dreigliedriger Reihen auch solche von einer beliebigen anderen Zahl von Gliedern bilden könnte.

Betrachten wir ferner die „Variabilität“ der beiden ersten Glieder A und M und die „Konstanz“ des dritten Gliedes S, so treffen wir zunächst bei dem letzteren wieder auf das schon mehrfach besprochene Merkmal der Dauerfähigkeit oder Erhaltungsfähigkeit gewisser Gebilde oder stationärer Prozesse unter verschiedenen (variablen) äußeren Bedingungen; ein Merkmal, das wir als besonders charakteristisch für den Organismus, aber nicht als ausschließlich diesem zukommend erkannten (vergl. S. 120 ff.).

Beim Organismus ist ganz allgemein das „erste Glied“ ein durch irgend einen „variablen“ „Reiz“ bedingter Reizvorgang, das „zweite Glied“ ist die innerhalb gewisser Grenzen variable Reizwirkung, welche in den Fällen, wo sie nicht eine Zerstörung des Organismus

dingt durch einen Faktor, welcher der Zukunft angehört. Die Finalität ist also eine Art kausalerFernwirkung“. Etwas konkreter ausgedrückt würde das beispielsweise heißen: Von der künftigen Arbeit einer Maschine wird im voraus ein Teil benützt, um die Maschine zu treiben.

Was die Finalität in Wirklichkeit ist, wurde oben dargelegt (vergl. S. 110 ff.).

herbeiführt, der Erhaltung oder Verbesserung seines Lebens dient. Dieses letztere Merkmal, welches innerhalb physiologischer Grenzen jeder Reizwirkung zukommt, stellt also das „konstante" dritte Glied der „teleologischen Reihe" dar, welches Cossmann in dem obigen Beispiel (S. 151) als „Schutz" bezeichnet. In Wirklichkeit aber ist dieses Succedens gar kein selbständiges Glied des gedachten Vorganges, sondern nur eine Eigentümlichkeit des zweiten Gliedes, und zwar ein reines Abstraktum[1]), worauf Bütschli bereits aufmerksam gemacht hat. Schon dieser Umstand würde genügen, um die ganze „teleologische Gesetzmäßigkeit" umzuwerfen.

Zur Erläuterung der letzten Ausführungen sei noch je ein einfaches Beispiel aus der belebten und unbelebten Natur in „teleologischer" Formulierung nebeneinander gestellt:

Wird in die Nähe einer Amöbe eine negativ chemotaktisch-wirksame Substanz gebracht, so bewegt sich das Protist bekanntlich von der letzteren fort und schützt sich so vor Schädigung oder Zerstörung. Wir haben hier die Reihe:

(Antecedens)		(Medium)	(Succedens)
Amöbe + Reiz (chemotakt. Substanz)	variabel	Reaktionsbewegung (variabel)	Selbsterhaltung (konstant)

Ganz analog ist folgendes Beispiel aus der unbelebten Natur: Wird neben einen Wassertropfen, der auf einer Glasplatte liegt, ein wenig Alkohol oder eine ähnlich wirkende Substanz gebracht, so bewegt sich der Wassertropfen durch Änderung der Oberflächenspannung von dem Alkohol fort und „schützt" sich vor Zerstörung, nämlich vor der Auflösung in Alkohol. Wir können hier ebenfalls eine „teleologische Reihe" bilden.

(Antecedens)		(Medium)		(Succedens)
Wassertropfen + Alkohol etc.	variabel	Fortbewegung des Wassertropfens	variabel	Selbsterhaltung (konstant)

1) In dem oben (S. 151) zitierten Beispiele Cossmanns kann man nämlich das zweite und dritte Glied, also den „Reflex" und „Schutz", zusammenziehen in eine schutzbringende Reflexbewegung; mit anderen Worten: der Reflex fällt hier unter den der Begriff Abwehr- bezw. Fluchtbewegungen.

Wir sehen also: Die zu erklärende Tatsache, das zu lösende Problem, für das Cossmann seine unmögliche „teleologische Gesetzmäßigkeit“ konstruiert hat, fällt mit dem zusammen, für das Reinke seine ebenso mißglückte Finalitätshypothese aufgestellt hat, und was wir oben als den noch der Aufklärung harrenden Rest derjenigen Tatsachen kennen gelernt haben, die Driesch seiner Entelechiehypothese zugrunde gelegt hat: nämlich der Selbsterhaltungs- oder Dauerfähigkeit der Organismen.

Rückblick.

Aus der kritischen Beleuchtung der Anschauungen von Reinke, Driesch und Cossmann erkennen wir, daß alle Hauptpunkte der bis jetzt aufgestellten vitalistischen Hypothesen schweren, zum Teil unüberwindlichen Bedenken begegnen, und daß weitaus der größte Teil der Tatsachen, die angeblich nur dualistisch erklärt werden können, sehr wohl einer monistischen Erklärung zugänglich erscheint.

Wir dürfen also in bezug auf die Teleologie ganz allgemein behaupten, daß außer der auf den bekannten Zweckfaktoren beruhenden wahren Teleologie und außer der teleologischen Ausdrucksweise keine weitere „Teleologie“ als zu Recht bestehend anzuerkennen ist. „Unbewußte“ Zweckfakotren, wie die „Dominanten“ und „Systemkräfte“ Reinkes und die „Entelechie“ Drieschs, und eine besondere „teleologische Gesetzmäßigkeit“, wie die von Cossmann behauptete, sind nicht nachzuweisen, und wie wir noch weiter sehen werden, für unsere Erklärungen durchaus nicht erforderlich. Wir können daher diese letzteren Arten von „Teleologie“ mit Recht als falsche oder Pseudoteleologie bezeichnen, im Gegensatz zur wahren Teleologie und zur teleologischen Ausdrucksweise.

In den obigen Ausführungen ist der Lehren verschiedener anderer moderner Pseudoteleologen und Neovitalisten, wie derjenigen von Rindfleisch, E. v. Hartmann, Neumeister, Pauly, K. C. Schneider, L. W. Stern u. A. nicht ausdrücklich gedacht. Sie alle scheinen mir nämlich nichts wesentlich Neues zu bieten, was nicht schon in den besprochenen typischen teleologischen Lehren von Reinke, Driesch und Cossmann enthalten wäre. Das Absehen

von einer besonderen Behandlung dürfte umso angemessener sein, als durch die unvermeidliche Ausführlichkeit der vorliegenden Kritik die Geduld des Lesers und des Verfassers schon recht erheblich in Anspruch genommen wurde.

Nochmals sei daran erinnert, daß die übertriebene Scheu vor jeglicher Teleologie, nämlich die ziemlich verbreitete unbedingte „Telephobie“ (Paulsen) nicht angebracht ist, da es nun doch einmal Zwecke und Triebe, und damit auch eine wirkliche Finalität in der Welt gibt. Das soll uns freilich nicht hindern, der teleologischen Ausdrucksweise mit Vorsicht zu begegnen und aller falschen Teleologie aufs energischste entgegenzutreten.

Überblick
über die deszendenztheoretischen Probleme.

Eine Anzahl der wichtigsten deszendenztheoretischen Probleme ist zwar im bisherigen schon aufgeführt worden. Doch scheint es mir in hohem Maße wünschenswert, einmal zu versuchen, eine allgemeine Übersicht über die Gesamtheit dieser Probleme zu geben. Bestände in dieser Hinsicht nicht eine offenbare Lücke, so würde sich die Unzulänglichkeit der modernen Entwicklungshypothesen und besonders die große Einseitigkeit der herrschenden bioblastisch-idioblastischen Vererbungshypothesen viel mehr, als es wirklich der Fall ist, aufgedrängt haben; denn diese ziehen nur einen mehr oder minder unvollständigen Kreis von Tatsachen und Problemen in Betracht, bei deren Ergänzung sich bald die Notwendigkeit umfassenderer Hypothesen und Erklärungsversuche fühlbar gemacht hätte.

Den im folgenden aufgezählten Tatsachen und Problemen muß eine Entwicklungstheorie, die Anerkennung beanspruchen will, im wesentlichen gewachsen sein. Nicht als ob schon für alle spezielleren Probleme ins einzelne gehende Lösungen zu erwarten seien; vielmehr müssen wir uns damit begnügen, für die allgemeineren Probleme eine Lösung zu zeigen und für die spezielleren darzutun, daß sie dem Verständnis keine prinzipiellen Schwierigkeiten bereiten. Selbst da, wo für speziellere Fragen vielleicht schon eine eingehendere Beantwortung möglich wäre, soll dies, als nicht im Zwecke dieser Blätter liegend, unterbleiben. Nichtsdestoweniger mögen auch solche Probleme im Interesse ihrer späteren Lösung in die Darstellung mit aufgenommen werden.

Wir wollen in der folgenden Übersicht die Eigenschaften und Fähigkeiten der Organismen, ihre Veränderungen und das die Beziehungen der Organismen zueinander und zu der Außenwelt Betreffende zusammenstellen. Und zwar sollen sowohl zu erklärende Tatsachen, wie z. B. das Zustandekommen zweckmäßiger Einrichtungen, als auch Probleme und Fragen, die sich auf zu suchende Tatsachen beziehen, wie z. B. die Frage, ob es eine Vererbung „erworbener Eigenschaften" gebe, nebeneinander Platz finden.

A. Eigenschaften und Fähigkeiten der einzelnen Organismen, mit Ausschluß ihrer fortschreitenden Änderungen, die nur bei längerer Beobachtung an ihnen erkennbar sind, nämlich ihrer Entwicklungsprozesse. Dagegen wird die Fähigkeit, sich zu entwickeln, und die Eigenschaft, reversible „funktionelle" Änderungen zu zeigen, wie sie z. B. in dem Wechsel von Ruhe und Tätigkeit des lebendigen Systems zum Ausdruck kommen, in die vorliegende Kategorie gerechnet.

I. Allgemeine Charakterisierung der Organismen.

a) Stationarität, Zweckmäßigkeit, Anpassungsfähigkeit, Angepaßtsein.

b) Große Kompliziertheit.

c) Große chemische Labilität.

d) Fähigkeit der Vermehrung oder Fortpflanzung durch Selbstteilung.

Eine ganz allgemeine Frage, der man oft begegnet, sei hier angeführt, nämlich inwiefern die Natur gewissermaßen ein „Interesse" daran habe, gerade die Art als solche zu erhalten. In diesbezüglichen Äußerungen geben selbst Forscher, die sonst einer falschen Teleologie und anthropomorphen Anschauungsweise abhold sind, zu Mißverständnissen Anlaß. So finden wir z. B. bei Weismann (b, Bd. I, S. 284 ff.) die Sätze: Das Soma hat, nachdem es durch Entlassung der Keimzellen für die Erhaltung der Art gesorgt, „seine Pflicht gegen die Art erfüllt". „Die Eigenschaft unbegrenzt weiterleben zu können, ist für die Körperzellen und somit auch für den ganzen Körper überflüssig, da dieselben neue Keimzellen nicht hervorbringen können, nachdem die einmal vorhandenen abgelegt worden sind; damit hört das Individuum

auf, Wert für die Erhaltung der Art zu besitzen. Was würde es der Art nützen usw". Ähnlich sagt schon K. E. von Baer (S. 42): „So sehen wir in der gesamten Natur für die Erhaltung des Individuums nur schwache Mittel aufgeboten, für die Erhaltung der Art aber die stärksten". Auf diese Frage werde ich später zurückkommen.

e) Entwicklungsfähigkeit, fortschreitende Variabilität.

1. Phylogenetische Entwicklungsfähigkeit oder fortschreitende Variabilität; näheres wird erst unter B I („Entwicklung, Phylogenetische Tatsachen und Probleme") angegeben werden.

2. Ontogenetische Entwicklungsfähigkeit (näheres findet sich unter B III; „Entwicklung, Ontogenetische Tatsachen und Probleme"). Konjugations- und Befruchtungsbedürftigkeit, „sexuelle Affinität" (vergl. O. Hertwig, b.).

II. Aufzählung einzelner wichtiger Eigenschaften und Eigenschaftsgruppen der Organismen. Wir wollen hier im Hinblick auf die modernen Entwicklungstheorieen, im besonderen die Darwinsche Selektionstheorie, eine Einteilung in zwei große Gruppen vornehmen, nämlich die „zweckmäßigen" oder „nützlichen" und die „nichtzweckmäßigen".

Wie wir sahen, ist zwischen diesen beiden Gruppen in Wirklichkeit keine strenge Grenze zu ziehen, vielmehr geht die eine ganz allmählich in die andere über, worauf ich später nochmals zurückkommen werde (S. 240). Außerdem ist zu beachten, daß viele Eigenschaften nur unter ganz bestimmten Bedingungen sich als zweckmäßig darstellen; so sind z. B. die meisten Wasserbewohner für das Leben auf dem Lande, dem sie durch große Trockenheit oder Hebungen des Bodens ausgesetzt werden können, sehr unzweckmäßig eingerichtet. Und endlich vermögen wir auch deshalb häufig in der Nützlichkeitsfrage keine Entscheidung zu treffen, weil wir zurzeit über die physiologische Bedeutung mancher Einrichtungen der Organismen noch zu wenig wissen.

Über die große Fülle und Mannigfaltigkeit dieser Eigenschaften, die bei der Aufstellung einer Entwicklungstheorie berücksichtigt werden müssen, sei hier ein kurzer Überblick gegeben, für dessen nähere Erläuterung freilich auf die einschlägige Literatur verwiesen werden muß.

a) Was zunächst die zweckmäßigen oder nützlichen Eigenschaften anbetrifft, so hat man diese nach zweierlei Gesichtspunkten in Gruppen eingeteilt, und zwar einerseits nach dem Grade ihrer Kompliziertheit, andererseits nach ihren spezifischen Qualitäten. In ersterer Hinsicht kann man, wie wir bereits sahen (S. 5 ff.), primär- und sekundär-zweckmäßige Eigenschaften unterscheiden. Da aber diese überall aufs engste miteinander zusammenhängen, so wollen wir in der folgenden Übersicht nur von dem zweiten Einteilungsprinzip Gebrauch machen. Hiernach kann man, wie schon oben (S. 5) angedeutet wurde, in der von Plate angegebenen Weise (l. c. S. 10 f.) die zweckmäßigen Eigenschaften der Organismen in sechs, freilich vielfach ineinander übergehende Kategorieen verteilen, denen ich noch eine siebente anreihen möchte:

1. Die Organisationszweckmäßigkeit, bestehend in „einer gesetzmäßigen Gruppierung differenter Teile, welche zur Erhaltung des Lebens harmonisch zusammenwirken und eine physiologische Einheit darstellen".

Hierher gehört ein großer Teil derjenigen Eigenschaften der Organismen, die in der Organphysiologie behandelt werden. Aus der reichen Fülle einfacherer und komplizierterer Fälle dieser Art sei nur ein Beispiel ausgewählt: Damit die Atmung normal von statten gehe, ist nicht nur die Lunge mit den Luftwegen nötig, sondern es müssen hierzu auch die Atmungsmuskeln passen, und zu diesen die entsprechenden Nerven und das rhythmisch funktionierende nervöse Atmungszentrum; alle diese Teile aber sind von einer normalen Blutversorgung abhängig, und diese wiederum ist an ein Zusammenwirken des komplizierten Verdauungsapparates, des Harnapparates, des Zentralnervensystems etc. etc. gebunden.

Für die geschilderten Einrichtungen ist es charakteristisch, daß ihre Teile, obgleich sie sich häufig mit einer gewissen Selbständigkeit entwickeln, trotzdem morphologisch und physiologisch harmonisch zusammenpassen; man bezeichnet daher kompliziertere Vorrichtungen dieser Art als „harmonische Anpassungen" oder „Koadaptationen". Zu den letzteren gehören auch manche „Korrelationen", aber nicht alle; diese bestehen darin, daß verschiedene Teile des Organismus

hinsichtlich ihrer Ausbildung in beträchtlichem Maße von einander abhängen. Wirken die Teile zugleich auch harmonisch zusammen, wie z. B. die gleichzeitig mit der Vergrößerung des Geweihes einhergehende Verdickung des Schädels und Stärkung des Nackens beim Riesenhirsch, so haben wir auch eine Koadaptation vor uns; ist aber eine integrierende Zusammengehörigkeit für eine einheitliche Leistung nicht ersichtlich, wie z. B. bei der Abhängigkeit der Stimme und des Bartes von den Keimdrüsen des Mannes oder des Federschmuckes an Kopf, Hals und Beinen bei verschiedenen Taubenrassen (vergl. z. B. Weismann, b, Bd. I, Fig. 1, S. 41), so handelt es sich um Korrelationen schlechthin. Auf näheres einzugehen würde hier zu weit führen; es sei besonders auf die Lehrbücher der vergleichenden Anatomie und der Physiologie verwiesen.

Nur eine Gruppe von Eigenschaften, die der Kategorie der Organisationszweckmäßigkeit angehören, sei noch ausdrücklich hervorgehoben, nämlich diejenigen, welche der Fortpflanzung dienen, besonders der mit Amphimixis, speziell mit Befruchtung, verbundenen.

2. Die Struktur- oder innere Zweckmäßigkeit; d. h. „jedes Organ besitzt einen zweckmäßigen, es zu bestimmten Leistungen befähigenden Bau, der häufig auch bei pathologischen Veränderungen beobachtet wird".

Auch in dieser Kategorie finden wir einen Teil der Tatsachen der Organphysiologie, sowie derjenigen der Gewebe- und Zellphysiologie. Ebenso sind Koadaptationen, Korrelationen und der Fortpflanzung dienende Einrichtungen hier zu nennen. Von einer Aufzählung der zahlreichen Einzelheiten kann ebenfalls Abstand genommen werden.

3. Die äußere Zweckmäßigkeit kommt darin zum Ausdruck, daß „jeder Organismus durch zweckmäßige Einrichtungen in Beziehung tritt zu bestimmten Verhältnissen der ihn umgebenden belebten oder unbelebten Natur".

Als Hauptgruppen der hierher zu rechnenden Eigenschaften seien einzeln aufgeführt:

α) Zahlreiche zu den Art- und Gattungscharakteren gehörige (vergl. S. 9 unter a) Schutzvorrichtungen der

Organismen gegen schädliche äußere Einwirkungen, sowohl unbelebter Gewalten (Hitze, Kälte, mechanische Einwirkungen etc.) als auch lebendiger Feinde (hiergegen: Waffen, Schutzfarben und -formen, abschreckende Farben, Gerüche etc.).

β) Im besonderen die zur Erkennung der Artgenossen und zur Anlockung des anderen Geschlechtes dienenden Farben, Formen, Gerüche, Töne (Paarungsruf) etc., also die „Arterkennungsmerkmale“ und manche „sekundäre Geschlechtscharaktere“.

γ) Solche „sekundäre Geschlechtscharaktere“, die dem Männchen im Kampfe um das Weibchen nützlich sind (Hörner, Geweihe, Sporen).

δ) Anpassung der Fortpflanzungsapparate beider Geschlechter aneinander, besonders bei höheren Tieren und Pflanzen.

ε) Anpassung vieler Pflanzen an Befruchtung durch Insekten.

ζ) Einrichtungen und Werkzeuge für Nahrungserwerb etc. (saugende, beißende etc. Mundteile).

η) Nützliche „Konvergenzerscheinungen“ oder „Mimikry“.

ϑ) Solche Fälle von „Geschlechtsdimorphismus“, wo besonders das Weibchen „Mimikry“ zeigt (vergl. Weismann b, Bd. II, Tafel I—III).

ι) Befähigung zu Symbiose und parasitärer Lebensweise.

$\varkappa$) Befähigung zum Winterschlaf; Vegetationsperioden der Pflanzen etc.

λ) Fähigkeit der Encystierung und Bildung sonstiger Dauerformen.

4. Die reflexive oder instinktive Zweckmäßigkeit; d. h. „jedes Lebewesen verfügt über eine Summe zweckmäßiger Reflexe, Gefühle (z. B. Hunger- und Durstgefühl, Wohlbehagen, Schmerz) oder Instinkte“.

Hier wäre etwa anzuführen:

α) Instinkte der Zugvögel.

β) Brutpflege, Nestbau etc.

γ) Instinkte Neugeborener (Saugen, Schreien etc.).

δ) Instinktive Kunstfertigkeiten (Spinngewebe etc.).

ε) Die große Fülle der zweckmäßigen höheren (bewußten) psychophysischen Tätigkeiten der Säugetiere.

5. Die sanative Zweckmäßigkeit, bestehend in der „Fähigkeit, schädliche Eingriffe, welche eine bestimmte Intensität nicht überschreiten, zu überwinden durch Entfernung der schädlichen Agentia, durch Regeneration entstandener Verluste, durch Heteromorphose, durch kompensatorisches Eintreten eines intakten Organes für ein verletztes oder durch Gewöhnung".

Hierher gehören vor allem die mannigfachen organischen „Selbstregulierungsprozesse" (W. Roux) oder „Regulationen" (Driesch). Im besonderen sei hingewiesen auf:

α) Manche als „Heteromorphose" und „Heterogenese" bezeichneten Fälle von „Restitutionen" oder organischen Wiederherstellungsprozessen. Die Heteromorphose besteht darin, daß bei Tieren an Orten von Verletzungen neue, daselbst normalerweise nicht vorkommende Bildungen auftreten; hier sind von solchen zunächst nur die zweckmäßigen in Betracht zu ziehen, wie Bildung von Mundöffnungen bei Verletzungen von Aszidien, Linsenregeneration aus Iris-Epithel bei Tritonenlarven etc., Narbenbildung nach Verletzungen, Organisierung des Thrombus in verletzten Blutgefäßen etc. Als „Heterogenese" werden analoge Prozesse bei Pflanzen bezeichnet.

β) Die große Menge der als „Regenerationen" bezeichneten Restitutionen. Für die Regenerationen ist es nach Drieschs Definition charakteristisch, „daß sie vom Ort, wo die Entnahme (eines Körperteils) statt hatte, ausgehe, und zu einer das Fehlende in seiner eigensten Spezifität ersetzenden Bildung führe". („Die organischen Regulationen", S. 43). Als Beispiel sei erwähnt: das Nachwachsen von Extremitäten bei Amphibien.

γ) Die mannigfachen Regulationen, die bei Verletzungen und sonstigen künstlichen Einwirkungen während der Furchung auftreten vergl. die Darlegungen auf S. 138 ff.).

δ) Zweckmäßige Wirkungen wiederholter Reizung, wie Schwielenbildung bei wiederholter mechanischer Reizung der Haut, Abkapselung von Fremdkörpern in tierischen und pflanzlichen Geweben usw.

6. Die funktionelle Zweckmäßigkeit, d. h. die Fähigkeit vieler Organe und Gewebe, durch ihre spezifischen Reize gestärkt, durch den Mangel derselben geschwächt zu werden, was sich im hypertrophischen, hyperplastischen und atrophischen Veränderungen äußert.

α) Die funktionelle Anpassung der Gewebe und Organe, besonders bei den höheren Organismen, wie Stärkung der Muskeln durch Gebrauch, der Knochen durch vermehrten Zug und Druck etc.

β) Funktionelle Anpassung sich regenerierender Teile, wie der Knochensubstanz etc.

γ) Funktionswechsel.

δ) Stoffliche und energetische Regulationen (aktive Immunisierung durch Antikörperbildung; die nur unter ganz bestimmten Bedingungen auftretenden, nicht zu den Art- und Gattungsmerkmalen gehörigen [vergl. S. 163 unter 3, α] Ergebnisse der Schutzreaktionen gegen Austrocknen und Plasmolyse der Pflanzen etc.).

7) Endlich sei der Vollständigkeit halber die schon erwähnte, offenbar zweckmäßige Fähigkeit der Vermehrung oder Fortpflanzung der Organismen durch Selbstteilung und die wohl ebenfalls als zweckmäßig anzunehmende Fähigkeit der Amphimixis (Konjugation, Befruchtung, sexuelle Affinität; vergl. S. 170 f.) hier noch besonders mitaufgeführt. Näheres hierüber wird erst später bei der Besprechung der Amphimixis Platz finden (S. 172 ff.).

Daß die Vermehrungsfähigkeit eine äußerst zweckmäßige Eigenschaft der Organismen ist, liegt auf der Hand. Durch die Zerlegung eines lebendigen Systems in eine größere Anzahl von solchen steigt im allgemeinen die Aussicht für die Erhaltung dieser Systemart. Die

Frage, inwiefern auch die Vermischungsfähigkeit etwas Zweckmäßiges ist, wird nachher zu erörtern sein.

b) Unter den nicht-zweckmäßigen Eigenschaften der Organismen, zu denen wir uns jetzt wenden wollen, nehmen im Hinblick auf die Darwinsche Theorie die hochentwickelten, komplizierten unser besonderes Interesse in Anspruch. Es seien die indifferenten und schädlichen gesondert betrachtet.

1. Die indifferenten Eigenschaften, die oben ausführlich behandelt worden sind (S. 8 ff.).

α) Die „rein morphologischen" oder „Organisationsmerkmale".

β) Die noch nicht „selektionswertigen" Anfänge erst später nützlicher Eigenschaften, wie z. B. der phylogenetische Anfang der Barten des Bartenwales.

γ) Die große Fülle der Farben, Formen und Zeichnungen von Schmetterlingsflügeln, Vogelgefiedern etc.

δ) Die teilweise so bizarren und kolossalen Schnäbel mancher Vögel, wie von Pteroglossus, Mycteria, Rynchops, Phoenicopterus, Balaeniceps, Crotophaga, Buceros u. A., die sich doch schwerlich als von der Zweckmäßigkeit geforderte Gebilde werden ausweisen können.

ε) Der Saisondimorphismus und die nicht mimetischen Fälle von Polymorphismus (?).

ζ) Die meisten rudimentären Organe.

η) Manche Restitutionen (Fälle von Heteromorphose; vergl. auch S. 164), wie beim Regenwurm die Bildung eines Schwanzes an Stelle des abgeschnittenen Kopfes, oder Erzeugung eines zweiten Kopfes bei verletzten Planarien, Restitution einer Antenne anstatt eines Auges bei verschiedenen Crustaceen (siehe hierüber die zusammenfassende Darstellung von O. Hertwig, b, S. 544 ff.).

ϑ) Viele psycho-physische Eigentümlichkeiten des Menschen, die zu Tätigkeiten führen, welche nicht durch Nützlichkeitsrücksichten eingegeben sind.

ι) Endlich kann man wohl auch die meisten Fälle von Atavismus (Rückschlag auf Eigenschaften früherer Vorfahren) hierher rechnen.

2. Von schädlichen Eigenschaften der Organismen seien erwähnt:

α) Gewisse „exzessive Bildungen", die, wie Plate sagt, „weit über die Grenze der Nützlichkeit hinausgehen" (l. c. S. 128), z. B. die Stoßzähne des Mammut und das Geweih des Riesenhirsches, die von manchen Autoren sogar als die Ursache des Aussterbens dieser Tierformen angesehen werden; ferner die übermäßig großen Hauer des Hirschebers, die riesigen Hörner mancher Wildschafe und Steinböcke, der äußerst lange, dünne, zerbrechliche Hals mancher Käfer etc.

β) Auch unter den psycho-physischen Eigenschaften gibt es viele schädliche; einerseits solche wie Dummheit Faulheit, Unentschlossenheit, Unmäßigkeit etc., andererseits solche wie übermäßiger Altruismus, Selbstverleugnung, Selbstaufopferung etc.

γ) Ferner sind hierher Eigenschaften zu rechnen, wie die relative Ungeschütztheit schalenloser Schnecken, welche, wie Steinmann dargelegt hat, phylogenetisch aus den besser geschützten und daher wohl zweckmäßigeren schalentragenden hervorgegangen sind.

δ) Manche rudimentäre Organe, wie z. B. der beim Menschen häufig zu gefährlichen Erkrankungen Anlaß gebende Processus vermiformis.

B. Die bei der Entwicklung auftretenden Änderungen der Organismen.

Zur Hervorhebung einiger charakteristischer Eigentümlichkeiten der Entwicklung der Organismen sei diese zunächst mit der Entwicklung eines unbelebten Systems, etwa eines Gestirns ohne organisches Leben, verglichen:

Die Entwicklung des letzteren besteht im wesentlichen nur in fortschreitenden Änderungen, die sowohl durch innere als auch durch äußere, bald konstante, bald variable, Faktoren bedingt sind. Gegenüber einem solchen relativ einfachen Vorgang zeigt die Entwicklung

der Organismen, wenigstens der höheren, eine mehrfache Komplikation:

Der Organismus vermehrt sich in eigenartiger Weise, er erzeugt Nachkommen, deren jeder in gewisser Hinsicht die von den Eltern begonnenen Entwicklungsprozesse fortsetzt. Teilweise ähnlich verhält sich freilich auch ein Gestirn, indem z. B. aus dem Zentralkörper eines Sonnensystems die Planeten und aus diesen die Monde entspringen. Keine Analogie aber finden wir bei den Gestirnen für die Scheidung des höheren Organismus in zwei verschiedene Teile, nämlich das Soma und die Keimsubstanz, die eine erheblich verschiedene Entwicklungsweise haben, und zwar dieses eine ontogenetische und jene eine phylogenetisch-ontogenetische; deren letztere dann abermals einen Anteil mit rein ontogenetischer Entwicklung (Soma) und einen solchen mit phylogenetisch-ontogenetischer Entwicklung (Keimsubstanz) enthält usw. (vergl. das Schema auf S. 99).

Ferner wird die Entwicklung der meisten Organismen durch den eigenartigen Vorgang der Amphimixis mitbeeinflußt, die als Konjugation und als Befruchtung auftritt. Hier wird also die Entwicklung eines Individuums in eingreifender Weise durch ein anderes bedingt, welches zuerst die Rolle eines äußeren Faktors spielt, dann aber ein integrierender innerer Faktor seiner Entwicklung wird.

Diese eigentümliche Komplikation der Entwicklung durch die Art der Vermehrung und durch die Amphimixis ist der Grund dafür, daß die beiden letzteren Erscheinungsweisen des Organismus in dieser Kategorie mitbehandelt werden.

Wir wollen hier zunächst die phylogenetischen Tatsachen und Probleme besprechen, dann die Fortpflanzung und endlich die ontogenetischen Tatsachen und Probleme mit Einschluß der Amphimixis.

I. Phylogenetische Tatsachen und Probleme.

a) Das Fortschreitende der phylogenetischen Entwicklung im allgemeinen. Durch welche Faktoren sind ganz allgemein die im Laufe von Generationen zum Vorschein kommenden fortschreitenden phylogenetischen Änderungen der Organismen bedingt, und zwar der vorwiegend vom Einfacheren zum Komplizierteren gerichtete Fortschritt?

Wir haben oben (S. 16 ff.) gesehen, daß dieses fundamentale Problem weder durch den Darwinismus, noch den Lamarckismus, noch auch sonstwie eine befriedigende Lösung gefunden hat.

b) Der annähernde Stillstand der phylogenetischen Entwicklung bei den „konservativen" Formen. Wie ist das fast unveränderte Stehenbleiben mancher Organismen, vor allem der einzelligen, auf der einmal erreichten phylogenetischen Entwicklungsstufe zu erklären? (Crinoiden seit dem Silur, Brachiopoden seit dem Cambrium unverändert; vergl. oben S. 42).

Man hat zur Erklärung der genannten Tatsache besonders den Mangel der Selektion und die daraus resultierende Panmixie (Weismann) herangezogen, wofür als Grundlage ein geringerer Umfang der individuellen „fluktuierenden" Variabilität (vergl. S. 33 f.) angenommen wurde. Dieses Moment kann freilich nur für die Organismen mit Amphimixis in Betracht kommen und mag hier wohl in untergeordnetem Maße mitgewirkt haben. Doch darf es keineswegs als zureichend anerkannt werden: Aus dem gleichen Grunde, weshalb der Fortschritt der Entwicklung nicht ohne weiteres durch die Selektion, ist auch das Ausbleiben des Fortschritts nicht ohne weiteres durch das Ausbleiben der Selektion erklärbar. Vielmehr stehen wir hier wieder vor dem Problem der fortschreitenden Variabilität.

c) Das phylogenetische Aussterben von Lebensformen (vergl. S. 237). Man muß hier meines Erachtens zwischen einem natürlichen Aussterben und gewaltsamer Ausrottung, oder vielleicht besser, einem Aussterben aus inneren und aus äußeren Gründen unterscheiden. Freilich scheinen die meisten Biologen, ebenso wie auch Darwin, ein Erlöschen der letzteren Art als fast allein vorkommend anzunehmen.

Nach dieser Ansicht waren die ausgestorbenen Formen solche, die durch die Selektion eliminiert worden sind. Und zwar wären die Ursachen des Unterganges bald ein Unterliegen im Kampfe mit irgendwie überlegenen Feinden gewesen, bald Hebungen oder Senkungen von Kontinenten, Austrocknung von Meeren, Nahrungsmangel, klimatische Änderungen u. dergl. Doch ist häufig betont worden, daß selbst durch Heranziehung aller nur denkbaren derartigen

Faktoren das Erlöschen mancher Formen nicht genügend motiviert sei. Als Beispiel hierfür sei nur das Mammut erwähnt.

In solchen Fällen hat man nun wohl vereinzelt auch innere Ursachen mit verantwortlich zu machen gesucht. So sollen die zunehmend exzessiven Bildungen der Stoßzähne des Mammut diesem Tier geradezu die Existenz unmöglich gemacht haben. Nach dieser Vorstellung wäre freilich die Rolle der inneren Faktoren keine bedeutende und wohl nur ausnahmsweise in Kraft tretende. Aber auch abgesehen davon, dürfte diese Erklärung wenig überzeugend klingen.

d) Wie konnten aus den offenbar sehr einfachen Anfängen des Lebens so unzählige verschiedene und zum Teil außerordentlich komplizierte Gebilde entstehen, wie wir sie in den heutigen Organismen vor uns haben? Hier ist an die sämtlichen unter A (S. 159 ff.) aufgeführten und angedeuteten Eigenschaften zu denken.

e) Phylogenetische Vererbungstatsachen und -probleme. Die Vererbung liegt, wie oben ausgeführt wurde, teils auf dem Gebiet der Phylogenie, teils auf dem der Ontogenie (vergl. S. 172 ff.); sie wird daher teils hier, teils bei der Besprechung der Ontogenie behandelt werden.

1. Problem vom Ursprung der Keimsubstanz.

2. Fortschreitende Entwicklung von Keimsubstanz und Soma.

3. Einfluß äußerer Bedingungen hierauf. Problem der Vererbung „erworbener" Eigenschaften.

α) Einfluß des Soma auf die Keimsubstanz.

β) Einfluß der exosomatischen[1]) Umgebung auf die Keimsubstanz.

II. Die zu erklärenden Tatsachen der Fortpflanzung. Wir sehen hierbei von der Amphimixis ab und behandeln diese mit der Ontogenie zusammen (S. 172), da sie streng genommen nur indirekt für die Fortpflanzung[2]) und in erster Linie für die Ontogenie in Betracht

1) Damit sind die außerhalb des Soma befindlichen äußeren Faktoren gemeint.

2) Weismann (b. Bd. I, Vortrag 14, 15 und 16) hat schon nachdrücklich darauf hingewiesen, daß Amphimixis, speziell Befruchtung, und Fortpflanzung ursprünglich ganz selbständige, nicht aneinander gebundene Vorgänge sind.

kommt; denn der Eintritt der letzteren hängt meistens (und zwar im Falle der Befruchtung) von der Amphimixis ab. Bei der Fortpflanzung finden wir drei verschiedene Formen der Selbstteilung:

a) Völlige Aufteilung des Elter-Organismus in zwei oder mehrere kindliche Organismen, was besonders bei den einzelligen Organismen der Fall ist. Zur Charakteristik der so entstehenden kindlichen Organismen ist zu bemerken, daß diese entweder keine nennenswerte Ontogenie durchmachen (die meisten Infusorien, Rhizopoden und niederen Pflanzen unter günstigen Vegetationsbedingungen) oder doch nur relativ geringe ontogenetische Änderungen erfahren (z. B. Durchlaufen eines Flagellaten- und Rhizopodenstadiums bei Rhizopoden, Algen, Sporozoen und dergl.).

b) Die kindlichen Organismen entstehen durch Abspaltung größerer oder geringerer, ontogenetisch mehr oder minder weit entwickelter und sich fortentwickelnder Teile des Elter-Organismus (Knospung, Sprossung, Vermehrung durch Stolonen oder Ausläufer, durch Rhizomteilung, Zwiebel- und Knollenbildung, Stecklinge etc.) (vergl. S. 93).

c) Die kindlichen Organismen entstehen durch Isolierung und Abspaltung geringer Mengen ontogenetisch noch ganz unentwickelter Substanz („Keimsubstanz"; Ei, Samen) von dem im übrigen sich ontogenetisch differenzierenden elterlichen Organismus, dem „Soma".

Über das Verhalten von Keimsubstanzen und Soma sei folgendes wiederholt (vergl. auch S. 98 f.):

Bei den auseinander hervorgehenden Keimsubstanzen haben wir im allgemeinen von Generation zu Generation fortschreitende Änderungen, nämlich eine phylogenetische Entwicklung, anzunehmen (siehe hierüber S. 98), die freilich erst im Laufe längerer Zeiträume deutlich in die Erscheinung tritt. An den Somata erkennen wir eine zweifache Entwicklung, einerseits eine individuelle, die Ontogenie, andererseits in bestimmtem Sinne fortschreitende Änderungen der Ontogenie aufeinanderfolgender Somagenerationen, nämlich die Phylogenie, die in der phylogenetischen Entwicklung der Keimsubstanz ihren Grund hat.

III. Die ontogenetischen Tatsachen und Probleme. Hier soll aus dem unter II erwähnten Grunde auch die Amphimixis Platz finden.

a) Amphimixis (Weismann) oder Vermischung fortpflanzungsfähiger lebendiger Systeme. Es wird unterschieden eine Vermischung geschlechtlich nicht differenzierter Individuen, nämlich die Konjugation, und eine Vermischung geschlechtlich differenzierter und differenter, d. h. männlicher und weiblicher, Individuen, nämlich die Befruchtung oder geschlechtliche Vermischung. Die Konjugation hat zur Voraussetzung die Konjugationsbedürftigkeit und das gegenseitige Anziehungs- und Vermischungsvermögen der konjugierenden Systeme, die Befruchtung die Befruchtungsbedürftigkeit, die sexuelle Affinität (O. Hertwig) und die Vermischungsfähigkeit von Ei- und Samensubstanz.

Man kann hinsichtlich der Amphimixis solche Organismen unterscheiden, deren einzelne Individuen bezw. Keimsubstanz-Individuen nur bei Eintritt von Amphimixis alle charakteristischen Lebensäußerungen, im besonderen eine normale ontogenetische Entwicklung zeigen, ferner solche, bei denen diese normalen Lebensäußerungen bei einzelnen Individuen und Generationen auch ohne Amphimixis möglich sind, wofern diese amphimixisfreien Generationen mit Amphimixis-Generationen abwechseln, und endlich solche, die dauernd ohne Amphimixis normal leben. Beginnen wir mit den letzteren:

1. Dauernd ohne Amphimixis normal vegetierende, also stets „ungeschlechtlich sich fortpflanzende“ oder „Monogonie“ (Haeckel, Weismann) zeigende Organismen. Hierher gehören die Bakterien und andere Protophyten und wohl viele Protozoen; von mehrzelligen Organismen die sog. apogamen[1]) Pflanzen (manche Pilze und Farnkräuter).

2. Organismen mit generationsweiser Amphimixis. Hier muß die vermehrungsfähige Zellsubstanz hin und wieder im Laufe von Generationen Amphimixis erfahren, um normal zu bleiben. Es wechseln demnach monogone Generationen mit solchen, die eine „geschlechtliche Fortpflanzung“ oder „Amphigonie“ (Haeckel,

1) Bezüglich des Näheren über diese siehe: O. Hertwig, b, S. 329, und die dort angegebene Literatur.

Weismann) zeigen. Wir finden verschiedene Modifikationen dieser Verhältnisse bei verschiedenen Organismengruppen:

α) Viele Einzellige zeigen von Zeit zu Zeit Amphimixis durch Konjugation, mit Zwischenschaltung häufig zahlreicher ohne Konjugation vegetierender Generationen. Wird aber die Amphimixis künstlich dauernd verhindert, so treten nach Maupas im Verlaufe einer größeren Zahl von monogonen Generationen bei Infusorien Degenerationserscheinungen auf, denen das völlige Zugrundegehen der Infusorienkulturen folgt. Freilich ist es von Weismann in Zweifel gezogen worden, ob die ausschlaggebende Ursache hierfür wirklich die Verhinderung der Konjugation gewesen sei (b, Bd. I, S. 361).

β) Viele mehrzellige Tiere und Pflanzen zeigen in mehr oder minder regelmäßigem Wechsel solche Soma- und Keimsubstanzgenerationen, die mit, und solche, die ohne Amphimixis vegetieren. Wenn hier Amphimixis stattfindet, so geschieht dies stets zwischen geschlechtlich differenzierten, männlichen und weiblichen Individuen. Die Amphimixis hat, da sie den die Fortpflanzung einleitenden Prozessen, der Spermabildung und Eilösung, folgt und für den weiteren Verlauf dieser Prozesse maßgebend wird (vergl. S. 170, Anm. 2), hier besonders zur Bildung des Begriffes der „geschlechtlichen Fortpflanzung“ oder „Amphigonie“ Anlaß gegeben. Und zwar handelt es sich hier um Amphigonie durch Befruchtung im Gegensatz zu derjenigen durch Konjugation (vergl. oben unter *α*).

Bei den mehrzelligen Organismen zeigt sich das individuenweise und generationsweise Vegetieren ohne Amphimixis, also auch die Fortpflanzung ohne solche, nämlich die Monogonie oder ungeschlechtliche Fortpflanzung, verschieden je nach der Art der Vermehrung (vergl. S. 171):

aa) Wir finden diese Verhältnisse einerseits bei den durch Knospung, Sprossung, Stolonenbildung etc. sich vermehrenden Organismen, bei denen diese monogonen (ungeschlechtlichen) Generationen zeitweilig mit amphigonen (geschlechtlichen) abwechseln.

Geschieht dieser Wechsel mit einer gewissen Regelmäßigkeit und überdies derart, daß die ungeschlechtlich entstandenen Individuen von den amphigon erzeugten zeitlebens verschieden bleiben, so spricht man von „Generationswechsel".

bb) Andererseits zeigt sich das individuen- und generationsweise abwechselnde Leben und Sich-Fortpflanzen mit und ohne Amphimixis in der Form, daß sich bei Organismen mit Keimsubstanz und Soma manche Eier normalerweise ohne Befruchtung ontogenetisch entwickeln. Eine solche „Parthenogonie"[1]) kommt bei verschiedenen wirbellosen Tieren und kryptogamen Pflanzen vor; und zwar wechseln, ähnlich wie beim Generationswechsel, parthenogone Generationen in gesetzmäßiger Weise mit geschlechtlichen oder amphigonen ab, ein Fortpflanzungsmodus, der als „Heterogonie" bezeichnet wird.

Auf die vielen in das Gebiet der Befruchtungslehre gehörigen einzelnen Tatsachen sei hier nicht eingegangen, da die vorliegende Übersicht für unseren Zweck genügt. Bezüglich der Einzelheiten verweise ich auf O. Hertwigs „Allgemeine Biologie".

Dagegen möge hier noch auf eine allgemeine Frage eingegangen werden, nämlich auf die nach der Bedeutung der Amphimixis für das Leben der Organismen im allgemeinen.

Wenn wir von der älteren einseitigen Vorstellung, daß die Befruchtung ein lebenerweckender Vorgang sei, absehen[2]), so stehen ernstlich wohl nur zwei Anschauungen zur Diskussion, die Weismannsche Hypothese der Erhöhung der Variabilität der Keimsubstanz durch die Amphimixis und die von Minot, Bütschli[3]) u. A. vertretene „Verjüngungshypothese".

Weismann hält für das Wesentliche der Amphimixis die hierbei stattfindende Vermischung des Chromatins der Ei- und Samenkerne; und da er in dem Chromatin die „Vererbungssubstanz" sieht,

1) Diese bei den Botanikern übliche Bezeichnung ist dem schiefen Ausdruck „Parthenogenese" entschieden vorzuziehen.

2) Eine ausführliche Begründung dieser ablehnenden Meinung gibt Weismann, b, Bd. I, S. 356.

3) Zitiert nach Weismann, b, Bd. I, S. 362 ff.

so kommt er zu dem Schluß: Die Natur hat den Vorgang der Mischung verschiedener Vererbungssubstanzen deshalb beinahe überall in der ganzen Organismenwelt in den Gang der Entwicklung eingeschaltet, damit durch die stete Neukombinierung der bereits in der Art vorhandenen Individualcharaktere die individuellen Verschiedenheiten erhalten bleiben (b, Bd. I, S. 377 und Bd. II, S. 219). So bereite die Amphimixis den Boden für die Wirkungen der Selektion und sei damit eine der Hauptgrundlagen der Neubildung von Arten.

Freilich harmoniert mit dieser Anschauung sehr wenig der Schluß, zu dem Weismann durch die Galtonschen „Häufigkeitskurven" geführt wird: „Eine der Wirkungen der Amphimixis wäre also: zunehmende Einengung der Variationsbreite oder, wie wir gewöhnlich sagen: allmähliches Konstantwerden des Formenkreises: Verdichtung zu einer Art" (b, Bd. II, S. 235).

Ebenso gestattet auch die Vorstellung Weismanns über den phylogenetischen Ursprung der Amphimixis keine einheitliche Auffassung derselben: „Halten wir nun fest, was wir als wahrscheinlich gefunden haben, daß nämlich die Verschmelzung individuell differenter einfachster Organismen einen direkten Vorteil, eine Anregung des Stoffwechsels und zugleich eine Verbesserung der Konstitution nach verschiedenen Richtungen bewirken müsse oder doch könne, und schreiten wir nun zur Betrachtung der mit Kernverschmelzung verbundenen Zellverschmelzung, also der vollen Amphimixis, so kommt hier jedenfalls etwas Zweites hinzu, das wir als einen bedeutsamen Vorteil erkennen können, nämlich die Verbindung zweier Vererbungssubstanzen, also die Vereinigung zweier Variationskomplexe, wie sie nach unserer Ansicht erfordert wird, wenn Transformation der Art stattfinden soll" (b, Bd. II, S. 253).

Diesen Darlegungen Weismanns fehlt die Überzeugungskraft. Wir sehen hier an verschiedenen Punkten wieder die schwankende und unsichere Vorstellung von den Ursachen der Variabilität der Keimsubstanz (Keimplasma), wie wir das schon oben (S. 16ff.) gefunden haben. Ganz abgesehen von dem anfechtbaren Gedankengang, mit dem Weismann seine Anschauung einführt, nämlich der Voraus-

setzung der unhaltbaren bioblastisch-idioblastischen Chromosomenhypothese (vergl. S. 74 ff.), läßt sich zweierlei gegen die Ausführungen Weismanns einwenden:

Erstens genügt sie keineswegs dem Bedürfnis, dem sie entgegenkommen soll, nämlich in einleuchtender Weise das Hauptmotiv für die „Ermöglichung der Neuanpassung der Lebensformen" (b, Bd. II, S. 235) und der „Transformation der Art" (b, Bd. II, S. 253) darzustellen, da ihr auch das Gegenteil von alledem zuerkannt wird, nämlich daß sie eine „Einengung der Variationsbreite" und ein „allmähliches Konstantwerden des Formenkreises" bewirke. Und zweitens besteht gar nicht das von Weismann angenommene Bedürfnis, gerade auf diesem Wege eine Erklärung für den Fortschritt in der phylogenetischen Entwicklung der Organismen zu suchen, da es, wie wir sehen werden, ein anderes viel allgemeineres und weittragendes Prinzip einer fortschreitenden Variabilität gibt (vergl. S. 188 ff.)

Wenn wir also im Suchen nach der Bedeutung der Amphimixis einen Schritt weiter gehen, so bietet sich uns die „Verjüngungshypothese"[1]), wenigstens in einer allgemeineren Form, als recht befriedigend dar. Zum Teil nähert sich ihr, trotz seinem energischen Widerspruch, ja auch Weismann in seiner Darlegung über die Wurzel der Amphimixis, wo er von einer „Verbesserung der Konstitution" der sich vermischenden lebenden Systeme spricht (siehe oben S. 175). Es leuchtet nämlich ein, sich vorzustellen, daß die lebende Materie im Laufe der Phylogenie für die Erwerbung der höheren Entwicklungs- und Differenzierungsfähigkeit die Zugabe habe in Kauf nehmen müssen, im allgemeinen nur mit Hilfe der Amphimixis auf die Dauer erhaltungsfähig bleiben zu können. Worauf diese Begabung der konjugationsbedürftigen Protistenzellen und besonders der befruchtungsbedürftigen phylogenetisch hochentwickelten Keimsubstanzen beruht: ob auf einer Bildung von „Schlacken", die durch die chemisch-energetischen Umwälzungen bei der Amphimixis entfernt werden, oder auf einem Hineingeraten des lebendigen Stoff- und Energiewechsels in weniger stationäre Geleise, aus denen er durch die

1) Vergl. hierüber auch Gurwitsch, S. 210 f. Eine neuere Arbeit über diesen Gegenstand von E. Schultz konnte ich nicht mehr lesen.

Amphimixis wieder herausgerissen wird usw.: darüber mögen weitere Vermutungen unterbleiben. Durch diese Andeutungen ist über das, worin im Speziellen die Befruchtungsbedürftigkeit, sexuelle Affinität etc. bestehen, nichts ausgesagt; diese dienen nur der Erreichung der Amphimixis, und dadurch, daß beim Unterbleiben der letzteren bei den meisten fortpflanzungsfähigen Systemen in Wirklichkeit die Vermehrung überhaupt ausfällt, wird das nicht „verjüngte" Material von vornherein von jeder weiteren Entfaltung ausgeschlossen.

Einer solchen allgemeinen Fassung des Verjüngungsproblems scheinen mir auch die Fälle von dauernd ausbleibender Amphimixis, wie wir es bei vielen Einzelligen, bei den „apogamen" Pflanzen etc. finden, nicht zu widersprechen; doch will ich hierauf erst später bei der Beleuchtung dieses Problems von einer anderen Seite weiter eingehen (S. 244).

b) Die ontogenetische (individuelle) Entwicklung. Das Hauptproblem derselben und die Grundlage seiner Behandlung sind schon oben angedeutet worden (S. 96ff.) und werden später nochmals berücksichtigt werden (S. 245f.). Von den zahlreichen Einzelproblemen, deren einige früher gestreift worden sind (S. 96ff.), sei hier abgesehen; sie finden sich in den Büchern über Entwicklungsmechanik und Entwicklungsgeschichte. Es mögen hier nur drei allgemeinere Probleme verzeichnet werden:

1. Die Frage nach den inneren Faktoren der Ontogenie.

2. Die Frage nach den äußeren Faktoren derselben.

3. Das Problem des natürlichen individuellen Todes und der Kontinuität des Lebens.

Wohl ziemlich allgemein anerkannt ist jetzt die Vorstellung, daß der natürliche Tod eines höheren Organismus der physiologische Abschluß der normalen ontogenetischen Entwicklung sei, der aus gewissen, im lebendigen System selbst gelegenen inneren Ursachen auch eintreten würde, wenn alle äußeren Schädlichkeiten vom Organismus ferngehalten werden könnten. Eine nähere Begründung dieser

Anschauung ist öfters gegeben worden (M. Verworn, S. 343; P. Jensen, b).

In enger Beziehung zum natürlichen Tode der höheren Organismen, oder genauer, ihrer Somata, steht die sog. potentielle „Unsterblichkeit" ihrer Keimsubstanz und der durch völlige Aufteilung (vergl. S. 171) sich fortpflanzenden einzelligen Organismen. Dieses Problem ist häufig diskutiert worden, wobei es sich allerdings vielfach mehr um Differenzen des Ausdrucks als der Auffassung handelte.

Der Sachverhalt ist im wesentlichen der folgende: Die durch völlige Aufteilung sich fortpflanzenden einzelligen Organismen, also diejenigen, bei denen Soma und Keimsubstanz noch identisch sind, übertragen jeweils den weitaus größten Teil ihres lebendigan Körpers auf ihre Kinder, Enkel usw.; und bei diesem Prozeß kommt, falls die erforderlichen Lebensbedingungen, mit Einschluß der Amphimixis, erfüllt sind, nichts vor, was mit dem eines natürlichen Todes sterbenden Soma („Leiche") der höheren Organismen irgendwelche Ähnlichkeit hätte. Will man nun nicht das Leben selbst als ein fortwährendes Sterben bezeichnen, weil dieses an sich in einer stetigen Zerstörung und Neubildung von lebendiger Substanz besteht, so muß man sagen, daß bei den Einzelligen normalerweise der Tod, wie ihn die Somata der höheren Organismen zeigen, nicht vorkommt. Ob man deshalb nun aber von einer potentiellen „Unsterblichkeit" der Einzelligen spricht (Weismann, b, Bd. I, S. 283 ff.) oder nur von einer „Kontinuität" der lebendigen Substanz ihrer Deszendenten (Verworn, S. 349), das scheint mir ziemlich gleichgültig.

Ganz ähnlich wie die ganze Körpermasse der Einzelligen verhält sich auch die Keimsubstanz der höheren Organismen. Sie zeigt in demselben Sinne, wie die erstere, eine „potentielle Unsterblichkeit" oder eine Kontinuität des Lebens durch unbegrenzte Generationen. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Keimsubstanz wesentlich von den „rein somatischen" (vergl. S. 92) Zellen, denen ja nur eine begrenzte, meist kurze Lebensdauer zugemessen ist. Über dieses Verhältnis von Soma und Keimsubstanz (Keimplasma) hat Weismann manches Treffende bemerkt (b, Bd. I, S. 283 ff.). Doch sei der Vollständigkeit halber erwähnt, daß man diesen Unterschied

von Soma und Keimsubstanz auch völlig geleugnet hat. Minot meint, wenn ich ihn recht verstehe, daß auch bei den höheren Organismen alle Zellen „verjüngungsfähig“ seien, so daß man ihnen allen, nicht nur der Keimsubstanz, potentielle Unsterblichkeit zusprechen müsse. Diese Ansicht ist aber ganz unbewiesen und ebensowenig einleuchtend, wie die ihr entsprechende oben bekämpfte Biogenesis-Hypothese (S. 93).

c) Ontogenetische Vererbungstatsachen und -Probleme (vgl. auch B I e, S. 172).

1. Das Auftreten von Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen Eigenschaften der Eltern und Kinder. Fluktuierende Variationen, Mutationen, Regressionen, Atavismus.

α) Bei nur einem Elter, also bei Monogonie (ungeschlechtlicher Fortpflanzung).

β) Bei zwei Eltern verschiedenen Geschlechtes, also bei Amphigonie (geschlechtlicher Fortpflanzung).

aa) Bei Eltern von der gleichen Art (Spezies).

αα) Wiedererscheinen und Ausbleiben elterlicher Eigenschaften, Auftreten veränderter elterlicher Charaktere und ganz neuer Merkmale bei den Nachkommen. Körperliche und geistige Eigenschaften.

ββ) Modus der Verteilung der elterlichen und neuen Eigenschaften auf die Nachkommen.

γγ) Verhalten zeitweilig latenter Eigenschaften (E. Tschermaks „Kryptomerie“).

bb) Dieselben Probleme gelten auch für die Kinder von Eltern verschiedener Varietäten und Arten, also einerseits für „Hybriden“, andererseits für „Bastarde“. Hier ist ferner zu beachten:

αα) Die Übertragung der elterlichen Eigenschaften nach Mendels Gesetz (siehe hierüber z. B. Lotsy).

ββ) Andere Verteilungsweise der elterlichen Eigenschaften auf die Nachkommen.

γγ) Sichtbarwerden vordem latenter Eigenschaften nach Fremdkreuzung (E. Tschermak; siehe bei Lotsy, S. 156).

2. Häufigkeit gewisser Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Eltern und Kindern. „Variabilitätskurven". Galtons „Distributionsschema". „Frequenzkurven" etc. (Ausführliche Übersicht hierüber bei Lotsy).

3. Anteil der inneren und äußeren Faktoren am Zustandekommen der Ähnlichkeiten und Unterschiede von Eltern und Kindern.

4. Problem der Geschlechtsbestimmung.

C. Das Problem der Selektion.

In Anbetracht der wichtigen Rolle, die das Selektionsprinzip in der Deszendenztheorie spielt, sei dieses aus dem engeren Zusammenhang mit den nächstverwandten Problemen der Entwicklung besonders herausgehoben. Für die Behandlung dieses Problems ist zunächst in hohem Maße wünschenswert

I. Eine allgemeine Charakteristik des Selektionsprinzips und seiner Wirkungsweise.

II. Dann erst kann der Frage nach dem Umfang der Wirksamkeit der Selektion und nach ihrer allgemeinen Bedeutung für die Entwicklung der Organismen näher getreten werden.

Zur monistischen Erklärung der Entwicklung der Organismen, im besonderen ihrer Zweckmäßigkeit.

Da nach den obigen Darlegungen keine irgendwie einleuchtende oder aufklärende dualistische Erklärung der Entwicklung der Organismen, im besonderen ihrer Zweckmäßigkeit und ihrer anderen wesentlichen Eigenschaften, vorhanden ist, so erscheint damit der Weg für den Versuch einer monistischen Erklärung völlig frei. Und an eine solche werden wir uns in Ermangelung brauchbarer dualistischer Gesichtspunkte auch dann noch zu halten haben, wenn eine detaillierte Durchführung der monistischen Erklärung zurzeit noch nicht möglich ist.

Eine befriedigend durchgearbeitete und allseitig ausgestaltete monistische Theorie der Entwicklung der Organismen besteht, wie wir bisher sahen, noch nicht. Zwar haben wir eine unschätzbare, nicht annähernd nach Verdienst gewürdigte Grundlage für eine solche in einer allgemeinen Entwicklungstheorie von Fechner, die neuerdings von Petzoldt (a und b) der Vergessenheit entrissen und weiter ausgestaltet worden ist. Doch fehlte bis jetzt eine umfassende Anwendung dieser Theorie auf das gesamte Gebiet der Organismenentwicklung. Hierfür nämlich bedurfte es einerseits noch einer besonderen Ausarbeitung der Voraussetzungen und Hauptsätze der Theorie andererseits einer entsprechenden Herrichtung der großen Fülle und Mannigfaltigkeit der Tatsachen und Probleme der organischen Entwicklung.

Es sei zunächst durch ein einfaches Beispiel die Fechnersche Entwicklungstheorie in ihren Grundzügen charakterisiert.

Die allgemeine Entwicklungstheorie von Fechner.

Stellen wir uns zwei Massenpunkte vor, die, dem Newtonschen Gravitationsgesetze unterliegend, mit bestimmten Geschwindigkeiten in den Raum hinausfliegen. Diese bringen sich gegenseitig aus ihren geraden Bahnen heraus, so daß sie alsbald Kurven beschreiben werden etwa in der Art, wie sie Erde und Mond durchliefen, wenn die Einwirkung der Sonne nicht vorhanden wäre. Der so sich ausbildende Zustand, in dem sich die beiden Körper in Bahnen bewegen, die in immer gleicher Weise wiederkehren, ist das Endergebnis einer Entwicklung einfachster Art, welche in dem Moment begann, wo die beiden Körper aufeinander zu wirken anfingen. Fechner charakterisiert das genannte Ergebnis der Entwicklung als eine „volle Stabilität" der Bewegungen; man würde das heute als einen stationären Zustand oder Vorgang bezeichnen. Fügen wir zu den beiden Körpern nun einen dritten hinzu, so stört er den stationären Vorgang; es tritt eine neue Entwicklung ein, nach einiger Zeit aber sind, wie wir annehmen müssen, die Bewegungen der drei Körper wiederum relativ stationär geworden. In einer solchen „relativen Stabilität" (Fechner) befindet sich auch unser Sonnensystem.

Unter den stationären Vorgängen kann man einerseits absolut stationäre unterscheiden („volle Stabilität" Fechners, die nur theoretisch existiert), andererseits annähernd oder relativ stationäre („approximative Stabilität" Fechners). Außer diesen Entwicklungsergebnissen gibt es dann noch solche, die in einer absoluten Stabilität bestehen, wo ein System sich dauernd völlig unverändert erhält; dies ist freilich auch nur ein idealer Grenzfall, da selbst sehr wenig veränderliche Körper, wie z. B. ein Stein, im Laufe längerer Zeiten doch kleine Änderungen erfahren, so daß in Wirklichkeit nur eine annähernd „absolute Stabilität" vorkommt. Den letzteren Fällen steht dann die „absolute Instabilität" gegenüber, der Grenzfall fortwährend wechselnder Änderungen eines Systems.

Für die Beurteilung der Grade der Stationarität, Stabilität und Instabilität ist natürlich die Zeit von größter Bedeutung. In einem Zeitdifferential ist jeder Vorgang völlig stationär; umgekehrt erscheinen

manche während kürzerer Zeit relativ stationären Zustände recht wenig stationär, sobald wir sie längere Zeit hindurch beobachten. Um einen ungefähren absoluten Maßstab zu haben, wollen wir die Lebensprozesse, wie sie etwa der Mensch in seinem postembryonalen Leben zeigt, wo also im Laufe von Tagen und Wochen im allgemeinen keine wesentlichen fortschreitenden Veränderungen der Prozesse erkennbar sind, als Typus annähernd oder relativ stationärer Vorgänge hinstellen.

Das Prinzip, welches darin zum Ausdruck kommt, daß eine Anzahl aufeinander wirkender Körper nach einer längeren oder kürzeren Entwicklung ein mehr oder minder stabiles System bildet, entweder einen relativ stationären Vorgang oder einen relativ stabilen Zustand, hat Fechner das „Prinzip der Tendenz zur Stabilität" genannt. Dieses Prinzip ist, wie leicht zu erkennen, nicht etwa ein teleologisches, vielmehr handelt es sich hier nur um eine teleologische Ausdrucksweise. Schon Fechner hat den streng physikalischen Charakter des Prinzips betont. Bekanntlich ist ja auch das „Zweikörperproblem" einer mathematischen Behandlung und Lösung zugänglich, wie im Prinzip auch das „Dreikörperproblem", dessen Lösung freilich noch bis jetzt unbehobene rechnerische Schwierigkeiten entgegenstehen.

Das genannte Stabilitätsprinzip ist im Jahre 1873 von Fechner in einer sehr interessanten und gedankenreichen Schrift auch auf die Entwicklung der Organismen angewendet worden, und später hat Petzoldt (a, b) diese Schrift der Vergessenheit zu entreißen gesucht und das Fechnersche Prinzip mit großem Erfolg auch zur Klärung der Entwicklung des geistigen Lebens verwertet. Den Biologen indessen, die sich in den letzten Jahrzehnten mit der Entwicklung der Organismen und ihrer Zweckmäßigkeit befaßt haben, scheint dieser ganze Anschauungskreis völlig fremd geblieben zu sein. Und doch stecken nach meiner Überzeugung in diesen Vorstellungen die Hauptfaktoren, welche die Entwicklung der Organismen und ihrer Zweckmäßigkeit bestimmen.

Betrachten wir das Fechnersche Prinzip vom Standpunkte der heutigen Physik etwas näher, so finden wir, daß es eine Anwendung

und zugleich auch ein weiterer Ausbau des zweiten Hauptsatzes der Energetik ist: Die Entwicklung z. B. eines freien (d. h. äußeren Einwirkungen entzogenen) Systems bedeutet nämlich im physikalischen Sinne nichts anderes, als daß das System einem Gleichgewichtszustande entgegengeht, indem seine verschiedenen Energieen sich ins Gleichgewicht zu setzen suchen; was dadurch geschieht, daß ihre nicht kompensierten Intensitätsdifferenzen (vergl. W. Ostwald, a, Bd. II) sich ausgleichen, und zwar derart, daß jede Energie von Orten höherer Intensität zu solchen niederer Intensität übergeht. Sind demnach in einem System alle Intensitätsdifferenzen ausgeglichen oder kompensiert, so besteht „absolute Stabilität", die in Wirklichkeit freilich, wie wir sahen, immer nur annähernd erreicht wird. Sie würde beispielsweise in einem freien System ohne aktuelle Energie bei der Temperatur des absoluten Nullpunktes verwirklicht sein. Ferner ist vom energetischen Standpunkte[1]) aus die relative „Stationarität" eines Systems oder ein relativ stationärer Vorgang dadurch charakterisiert, daß in dem System zwar unausgeglichene und nicht kompensierte Intensitätsdifferenzen vorhanden sind, der Ausgleich und die Kompensation aber relativ langsam (vergl. oben S. 182 f.) vonstatten gehen, wofür wir in der Entwicklung unseres Sonnensystems ein Beispiel besitzen; oder eine solche Stationarität kann auch dadurch ausgezeichnet sein, daß durch Energiezufuhr zum System die Intensitätsdifferenzen immer wieder erneut, bezw. ihre Kompensationen immer wieder aufgehoben werden, wie es bei den Lebensprozessen der Fall ist. Sind dauernd dieselben nichtkompensierten Energiedifferenzen vorhanden, wie in dem oben (S. 182) erwähnten freien System von zwei oder drei Massenpunkten, so haben wir es mit einem absolut stationären Vorgang zu tun.

1) Ich möchte mir hier ein paar Worte zu Drieschs absprechender Kritik der modernen Energielehre (Driesch, c, S. 50 ff.) gestatten. Gewiß mögen manche zutreffende und beachtenswerte Gedanken in dieser Kritik enthalten sein; diese aber zeigen dem gerechten Beurteiler nur, daß die Energielehre etwas im Werden Begriffenes ist, dessen unvermeidliche Unvollkommenheiten kein besonnener Naturforscher leugnen wird. Aber wie unendlich hoch steht diese, auf breiter Basis, mit unwiderstehlicher Kraft sich aufwärts entwickelnde, unermeßlich fruchtbare Energielehre über jener „Entelechielehre" von Driesch, der ihr Urheber selbst das größte Armutszeugnis ausgestellt hat (vergl. S. 137), durch welches er wenig berechtigt erscheint, auf andere Theorieen mit hochmütiger Geringschätzung herabzusehen.

Fechners Anschauungen über die Entwicklung der Organismen.

Von einer ausführlicheren Wiedergabe der Art und Weise, wie Fechner selbst sein Prinzip auf die Entstehung und Entwicklung der Organismen angewandt hat, sei hier abgesehen. Einerseits aus dem Grunde, weil Fechner seine Anschauungen nicht systematisch ausgearbeitet hat, vielmehr nur „Ideen" zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte geben wollte, wodurch es kam, daß er sein Prinzip nicht voll ausgewertet und die wichtigsten Konsequenzen für die phylogenetische Entwicklung zu ziehen unterlassen hat; andererseits sind seine Darlegungen mit manchen Vorstellungen verflochten, die mir unannehmbar erscheinen, deren Kritik hier aber nicht am Platze wäre. Damit meine ich hauptsächlich die Ansichten Fechners über den wesentlichen Unterschied des Organischen und Anorganischen, worüber besonders in den beiden ersten Kapiteln der gedachten Schrift gehandelt wird. Diese beiden einleitenden, weniger ansprechenden Kapitel sowie einige, ja auch anderweitig von Fechner vertretenen, befremdlichen Anschauungen dürften einen Teil der Schuld daran tragen, daß die sonst so wertvolle Schrift bei Physikern und Biologen bis jetzt noch gar keinen Eingang gefunden zu haben scheint.

Aus den erwähnten Gründen mögen hier nur zur Charakterisierung der Art und Weise, wie Fechner sein „Stabilitätsprinzip" auf die Organismen, freilich hauptsächlich nur ihre ontogenetische Entwicklung, anwendet, einige Stellen aus seiner Schrift wörtlich wiedergegeben werden:

„Hienach geht auch allgemein gesprochen die Tendenz zur Stabilität vielmehr dahin, organische Zustände in unorganische zu verwandeln, als umgekehrt. Denke man sich einen Organismus sich selbst überlassen, der Luft zum Atmen, des Tranks, der Nahrung beraubt, so wird nicht nur sein ganzer organischer Verband, sondern auch die organische Konstitution seiner Moleküle in kürzester Zeit schwinden, und er vermöge der Tendenz zu stablern Zuständen in unorganischen Zustand übergehen, was schließlich auch bei seinem

natürlichen Lebensende sicher eintritt; und in derselben Tendenz ist der tiefere Grund zu suchen, weshalb der unorganische Zustand keine Organismen aus sich heraus gebären kann. Es wäre ein Widerspruch gegen das Prinzip. Von anderer Seite aber kann man es doch nicht als eine Folgerung des Prinzips ansehen, daß der Übergang in unorganischen Zustand, der jedem Organismus zuletzt bevorsteht, sofort bei jedem eintreten müsse; denn setzen wir, daß das geschehe, so würde vielmehr mit einem Sprunge das Prinzip ganz verlassen werden, indem die bisher approximativ sich wiederholenden organischen Bewegungen überall plötzlich aufhörten sich zu wiederholen. Das Prinzip verlangt überhaupt nicht als Ziel einen bestimmten Annäherungsgrad an die, nach S. 34 f. überhaupt nicht erreichbare, absolute Stabilität des Weltprozesses, sondern nur, daß in der Totalität desselben kein Rückschritt betreffs der Annäherung an die volle Stabilität geschehe, ohne daß sich für jetzt bestimmen läßt, was das wahrscheinlich nur asymptotisch angestrebte Ziel sei, und ohne daß ein Rückschritt im Einzelnen ausgeschlossen ist, welcher einer größeren Annäherung an die volle Stabilität des Ganzen entgegenführt." (Fechner, S. 36 f.).

„Jetzt jedenfalls entstehen, soweit sichre Tatsachen reichen, Organismen nur durch Spaltung schon vorgegebener Organismen oder Abspaltung von denselben, und es wird zu zeigen sein, daß auch die erste Entstehung aus einem Urzustande der Erde herzuleiten ist, der vielmehr unter dem Begriff des organischen als unorganischen Zustandes tritt. Nun erhalten und vergrößern sich die Organismen im Wege der Ernährung, und hiebei kann für den ersten Anblick ein Widerspruch mit dem Prinzip darin gesucht werden, daß die unorganischen Stoffe, soweit solche zur Ernährung beitragen, den Vorteil ihrer Stabilität vor den organischen durch Eingehen in den organischen Prozeß aufgeben. Aber erstens treten die unorganischen Substanzen durch Aufnehmen in den Organismus und Beteiligung an dessen inneren Bewegungen in ein stableres Verhältnis zu dessen Teilchen, als sie außerhalb des Organismus dazu hatten; zweitens werden für die aufgenommenen unorganischen Stoffe solche wieder abgeschieden, welche teils den Organismus verlassen, teils zum Wachstum desselben selbst beitragen, sofern allen Knochen, festen

Schalen, Hornmassen, Häuten ein mehr oder weniger unorganisches Gefüge unterliegt; drittens macht sich das Prinzip der Tendenz zur Stabilität darin geltend, daß sich die Lebensvorgänge des Organismus in bestimmte Perioden und Kreisläufe ordnen oder einen mehr oder weniger bestimmten Rhythmus annehmen. Schlaf und Wachen, Kreislauf des Blutes, peristaltische Bewegungen der Eingeweide, der Rhythmus des Atmens, die mehr oder weniger periodische Nahrungsaufnahme und Geschlechtsverrichtung gehören hierher" (l. c. S. 37 f.).

„Ist einmal eine Grenze des Wachstums eingetreten, so verharrt der Organismus allgemein gesprochen eine Zeitlang ziemlich gleichförmig in einem approximativ stablen Verhältnisse zugleich in sich und zur Außenwelt; allmählich aber beginnt die unorganische Stabilität mehr und mehr auf Kosten der organischen Platz zu greifen, indem die Teile fester und starrer werden und die Bewegungen sich mehr verlangsamen, bis endlich der ganze Organismus dem unorganischen Zustande wieder verfällt, und hiemit würde das organische Leben überhaupt beendet sein, wenn er nicht während seines Lebens Teile von sich abzuspalten vermöchte, die seinen Lebensprozeß wiederholen.

„Hat sich nun ein Keim, der in Zusammenhang mit seinem Mutterkörper zu einem approximativ stabeln Endzustande gelangt war, vom Mutterkörper getrennt, so werden vermöge der damit gesetzten Änderungen der äußeren Verhältnisse auch die davon mit abhängigen inneren Verhältnisse sich ändern und die Veränderungen so lange fortgehen, bis ein neuer, unter den neuen Außenbedingungen approximativ stabler Endzustand eingetreten ist, was entweder die Zerstörung des Keimes unter rascher Überführung in den stableren unorganischen Zustand oder eine nur langsamer dazu führende Fortentwicklung des Keimes auf dem Wege der Ernährung bedeutet. Ersteres, wenn die zur Erhaltung des organischen Zustandes genügenden Außenbedingungen für den Keim nicht vorhanden sind, Letzteres, wenn sie vorhanden sind. Auf jeder Stufe seiner Entwicklung kann der Keim noch dem unorganischen Zustande als Endzustand anheimfallen und es gehören überall besondere Außenbedingungen dazu, wenn er zu einem, sich eine Zeitlang erhaltenden, organischen

weiter fortschreiten soll, ohne daß doch eine Variation dieser Bedingungen innerhalb gewisser Grenzen während der ganzen Entwicklungszeit ausgeschlossen ist; es dürfen nur eben gewisse Grenzen nicht überschritten werden, soll die Entwicklung vielmehr zu einem stabeln organischen als einem unorganischen Endzustande führen" (l. c. S. 39 f.).

Grundzüge einer Theorie der Entwicklung der Organismen, im besonderen ihrer Zweckmäßigkeit.

Das Hauptproblem der organischen Entwicklung, dessen wenigstens prinzipielle Lösung wir im folgenden zu geben versuchen wollen, ist in der schon oben (S. 126) formulierten Frage enthalten: Wie konnte ein so komplizierter, an ein äußerst labiles System gebundener, in hohem Grade selbsterhaltungsfähiger, aber gleichzeitig langsam fortschreitend veränderlicher Prozeß, wie der Lebensprozeß, entstehen und sich entwickeln?

Man möchte in dieser Fragestellung vielleicht die Rücksicht auf die Form, überhaupt auf die gesamten morphologischen Eigentümlichkeiten, des Organismus vermissen. Aber mit Unrecht, da in Wirklichkeit die Gestaltung des Organismus schon mit der Gesamtheit seiner Prozesse, d. h. einschließlich seiner Entwicklungsprozesse, gegeben ist. Bei den niederen Organismen, etwa den Rhizopoden, ist die Form die äußere Ausdrucksweise ihres jeweiligen Stoff- und Energiewechsels. Bei den höheren Organismen geht während der Entwicklung die Formdifferenzierung mit den fortschreitenden Änderungen der Lebensprozesse Hand in Hand. Es sind ganz bestimmte Änderungen der Gesamtheit der Prozesse des Eies, welche seine Furchung, die Bildung der einzelnen Keimblätter, die Falten- und Höhlenbildung usw. bedingen. Selbstverständlich ist damit nicht gemeint, daß wir etwa aus der Gesamtheit der Prozesse des entwickelten, fertigen Organismus die Entstehung seiner Form erklären könnten, selbst wenn wir diese Prozesse auf das genaueste kennen würden. Wohl aber dürfen wir sagen: Wenn wir genau die stofflich-energetischen Änderungen zu übersehen vermöchten,

die jedes Teilchen des Embryo in den aufeinanderfolgenden Phasen der Entwicklung erfährt, so würden wir hieraus und aus den stofflich-energetischen Beziehungen zwischen den einzelnen Teilchen und ihrer Umgebung auch die in jedem Augenblick stattfindenden morphologischen Änderungen ableiten können: wie das ungleiche Wachstum der Teilchen, ihre inneren Differenzierungen, ihre Lageänderungen, die gegenseitige Beeinflussung ihrer Formen, die Erzeugung von Plasmaprodukten, Bindesubstanzen, Skeletten usw.; kurz, die Konfigurationen der „chemischen Systeme" aller einzelnen Zellen, ihre gesamten Systembedingungen und ihre Zusammenordnung (vergl. S. 192 ff.). In diesem Sinne also ist mit der Erkenntnis der Entwicklungsgeschichte der Prozesse der Teilchen eines Organismus auch seine Formentwicklung eindeutig bestimmt und gegeben.

Um das Fechnersche Prinzip für die Lösung des vorliegenden Problems möglichst auswerten zu können, müssen wir einige Voraussetzungen machen, auf welche ich besonderen Nachdruck legen möchte, da hierdurch unser Problem in einer ganz besonderen Perspektive erscheint, worauf ich glaube einen großen Wert legen zu müssen. Manche Tatsachen erscheinen so in einem ganz anderen Lichte als bisher, und manche Erklärungen ergeben sich dann fast von selbst.

Voraussetzungen der Theorie.

Die Voraussetzungen, aus denen unsere Theorie abzuleiten ist, sind teils hypothetischer Natur, soweit sie z. B. für die Verhältnisse zur Zeit der Entstehung der Organismen und dergleichen gelten sollen, teils sind sie unmittelbar der Erfahrung entnommen.

Allgemeine theoretische und hypothetische Voraussetzungen.

Unsere ersten Voraussetzungen beziehen sich auf dasjenige, was wir an die Stelle der Massenteilchen oder sonstigen Körper, ihrer Anziehungskräfte und Geschwindigkeiten in dem obigen Beispiel (S. 182) zu setzen haben, wenn wir das Fechnersche Stabilitätsprinzip für die Theorie der Entstehung und Entwicklung der Organismen voll auswerten wollen. Wir müssen also die Elementar-

bestandteile, aus denen sich die Organismen aufbauen, und ihre gegenseitigen Beziehungen ins Auge fassen.

Man wird hier wohl zunächst an die chemischen Elemente, an Atome und Moleküle, und an ihre Affinitäten, Molekularkräfte, elektrischen Ladungen usw. denken. Da aber auch die höchsten Organismen mit ihren psychischen Qualitäten im Kreise unserer Theorie Platz finden müssen, so sehen wir sofort, daß die genannten Elementarbestandteile nicht ausreichen. Zudem bricht sich ja mehr und mehr die Überzeugung Bahn, daß die Atome nicht die wirklichen Elementarbestandteile des Seienden sind, sondern nur Abstraktionen aus Komplexen noch einfacherer Elemente (vergl. z. B. Mach, c, und die dortige Literatur). Es kommt hier indessen nicht darauf an, über die Art dieser Elementarbestandteile irgend eine bestimmte Annahme zu machen, vielmehr nur darauf, hinsichtlich ihrer Zahl und der Mannigfaltigkeit ihrer Verknüpfungen eine gewisse Vorstellung zu gewinnen.

Gehen wir zu dem genannten Zwecke statt von einfachen, unbelebten Systemen vom höheren Organismus mit seinen psychischen Erscheinungen aus; verwenden wir also die unermeßliche Fülle der psychischen Elemente, wie der Vorstellungen, Gefühle („Charaktere" [Avenarius, Petzoldt, b]) und Empfindungen nebst der unübersehbaren Mannigfaltigkeit ihrer Verknüpfungen, und nehmen wir hierzu ferner die Merkmale der Körperwelt, nämlich die große Fülle der verschiedenen Farben, Temperaturen, Härten, Gerüche usw. und deren ungezählte Kombinationen, wie sie uns z. B. die chemischen „Elemente" und ihre „Verbindungen" darbieten, so kommen wir zu dem Schluß: Für die Entstehung und Entwicklung der Organismen und ihrer Zweckmäßigkeiten ist uns eine unübersehbare Menge von Bausteinen und eine unermeßliche Mannigfaltigkeit von Verbindungsmöglichkeiten derselben zur Verfügung gestellt. Damit nun von den mathematisch denkbaren Verknüpfungen dieser „Elemente" (in dem genannten allgemeinsten Sinne) irgendwelche in Wirklichkeit auftreten, muß selbstverständlich noch eine Anzahl von Voraussetzungen erfüllt sein: Die Elemente dürfen nicht untereinander im Gleichgewicht sein und müssen sich

unter Umständen befinden, wo sie aufeinander „wirken“ können. Damit ferner verschiedenartige Komplexe zu entstehen vermögen, ist eine gewisse Ungleichmäßigkeit der räumlichen Anordnung der Elemente erforderlich, desgleichen eine Verschiedenheit ihrer „Affinitäten“ usw.; denn nur so ist es möglich, daß nicht alle verbindungsfähigen Elemente in gleicher Weise zusammentreffen und daß von den zusammentreffenden manche sich sehr fest verbinden, manche nur locker, manche aber auch gar nicht, wofür uns ja die Chemie genügend Beispiele gibt.

Trotz den Einschränkungen, welche die Zahl der denkbaren Elementenkomplexe durch die eben genannten Bedingungen erfährt, können wir diese Zahl doch für eine fast unendlich große halten, wenn wir bedenken, daß sich von der ungeheuren Fülle der oben bezeichneten Elementarbestandteile verschieden große Mengen derselben Elemente mit verschieden großen Mengen der verschiedensten anderen Elementarbestandteile kombinieren können, und daß jede dieser Kombinationen wieder unzählig viele verschiedene räumliche Anordnungen zeigen kann.

Diese allgemeinen Voraussetzungen, welche etwa für die Entstehung der Organismen zu machen wären, dürften schwerlich einem Widerspruch begegnen. Es sind wohl kaum andere als diejenigen, welche die Kant-Laplacesche Hypothese der Entwicklung des Sonnensystems ebenfalls machen muß.

Diejenigen Naturforscher, welche die genannte Hypothese in übertriebener Hypothesenscheu geringschätzen möchten, seien daran erinnert, daß kein Geringerer als Helmholtz sie warm vertreten hat, als „einen vorsichtigen und wohlüberlegten Versuch, aus den bekannten Verhältnissen der Gegenwart Rückschlüsse auf die unbekannte Vergangenheit zu ziehen“. (Vorträge Bd. II, S. 59). Helmholtz ist der Ansicht, daß die Wissenschaft nicht nur berechtigt, sondern auch verpflichtet sei, eine solche theoretische Untersuchung anzustellen (vergl. das Motto diese Buches).

Die Fragen, ob die Elementarbestandteile selbst vielleicht veränderlich sind, und wie sich ferner in jenen frühen Zeiten das Physische zum Psychischen verhalten habe, können offen bleiben, da die

Elemente nach Zahl und Qualität so gedacht sind, daß sie gleicherweise zum Aufbau physischer und psychischer Komplexe dienen können.

Weitere Voraussetzungen ergeben sich ferner für die Entwicklungsstadien jener Zeit, wo sich bereits primitive lebendige Komplexe neben anderen materiellen Systemen individualisiert haben; wo wir also bereits in der Lage sind, Organismus und Außenwelt sich gegenüberzustellen. Die Voraussetzungen, die wir hier wiederum teils in hypothetischer Weise, teils in unmittelbarer Anlehnung an die Erfahrung zu machen haben, beziehen sich auf das, was man als die „inneren" und „äußeren Faktoren" oder „Bedingungen" (letzteres in einem allgemeineren als dem üblichen physikalisch-chemischen Sinne, vergl. S. 193 f.) der Entwicklung bezeichnet.

Die inneren Faktoren der Entwicklung der Organismen. (Zur physikalisch-chemischen Charakteristik der lebendigen Systeme.)

Offenbar bestehen die inneren Faktoren der Entwicklung in der Konfiguration und den Energieverhältnissen der lebendigen Systeme. Wir werden uns in dieser Hinsicht, ganz allgemein ausgedrückt, vorzustellen haben, daß in dem entwicklungsfähigen lebendigen System unkompensierte Intensitätsdifferenzen (S. 184) unterhalten werden, durch deren langsamen Ausgleich und Neuerzeugung eine lange Kette von Prozessen zustande kommt, von denen immer einer den anderen auslöst.

Zur Erläuterung dieser Verhältnisse sei ein Beispiel aus der unbelebten Natur angeführt, das besonders auch die frühesten Zeiten der organischen Entwicklung veranschaulicht, nämlich die Entstehungsgeschichte der Planeten nach der Kant-Laplaceschen Hypothese. Hiernach sind die Faktoren, welche die Entwicklung der Planeten bedingen, zu einem großen Teil innere, da eine Entwicklung jedenfalls auch ohne die Bestrahlung und Schwere-Einwirkung der Sonne vor sich gegangen wäre. Die Planeten unseres Sonnensystems, auch diejenigen, welche von dem relativ geringen Überzug von lebendigen Organismen frei sind, stellen äußerst komplizierte Stoffgemische dar, die nicht nur zu der Zeit, als sie sich von der Sonne ablösten oder als sie noch fähig

waren, Monde aus sich entstehen zu lassen, sondern auch heute noch von einem inneren Gleichgewicht weit entfernt sind. Es bestehen hier nichtkompensierte Energiedifferenzen in größter Mannigfaltigkeit und Menge, deren Ausgleich äußerst langsam erfolgt; vorwiegend wohl aus dem Grunde, weil das Verschwinden der einen Intensitätsdifferenz infolge der großen Komplikation des ganzen Systems meistens wieder zur Entstehung einer neuen Differenz führt. Daher liegt die Zeit des völligen Energieausgleichs, also diejenige, wo die Entropie[1]) ihr Maximum erreicht, in weiter Ferne. Gleichwohl bringt jede Energieverschiebung und jede Energieverwandlung eben wegen der Zunahme der Entropie (oder der nicht mehr verwandelbaren, „gebundenen" Energie) das System jenem Ziele näher, und darin liegt seine Entwicklung.

Prinzipiell ganz ähnlicher Art können wir uns auch die inneren Ursachen der Entwicklung der Organismen vorstellen. Es bedürfte sehr triftiger Gründe, wollte man behaupten, daß die im Verhältnis zur ganzen Erdmasse so verschwindend kleine Menge lebendiger Substanz anderen Gesetzmäßigkeiten unterliege als die übrige Erde.

Gehen wir auf die inneren Entwicklungsfaktoren etwas näher ein, und zwar hauptsächlich auf diejenigen, die wir für die späteren Organismen, wie auch für die heute lebenden, etwa anzunehmen haben. Sie ergeben sich aus der physikalisch-chemischen Analyse des lebendigen Organismus, neben welcher freilich auch seine psychischen Erscheinungen berücksichtigt werden müssen.

Die physikalisch-chemische Auffassung des Lebens sucht, wie schon ihr Name sagt, möglichst dem Vorbild der physikalischen Chemie zu folgen; selbstverständlich unter Berücksichtigung der besonderen Eigentümlichkeiten der lebendigen Organismen, von denen hernach die Rede sein wird. Von diesem Standpunkt aus ist jeder Organismus, der vielzellige wie der einzellige, als ein inhomogenes System aufzufassen, bestehend aus einer sehr großen Anzahl von „Komponenten" (vergl. Gibbs, Roozeboom, Nernst), die im allgemeinen in flüssigen und festen „Phasen" vorhanden sind.

1) Siehe die Werke über Thermodynamik.

Die Prozesse in solchen Systemen sind einerseits abhängig von den aufeinander reagierenden chemischen Körpern, deren Gesamtheit man als chemisches System bezeichnet (Nernst, S. 398), andererseits von den Systembedingungen.

Soweit die Prozesse im System von den reagierenden Stoffen abhängen, kommen einerseits ihre chemischen Affinitäten andererseits ihre Mengenverhältnisse in Betracht.

Was ferner die Systembedingungen anbetrifft, so scheint es mir notwendig, unter diesen zwei Gruppen zu unterscheiden: Zu Gruppe I gehören die drei bekannten Bedingungen: Druck, Temperatur und thermodynamisches Potential. Die Systembedingungen der Gruppe II sind in gewisser Hinsicht dem analog, was man bei Maschinen als „Maschinenbedingungen" bezeichnet, für die als ein einfaches, naheliegendes Beispiel die „halbdurchlässige" Membran einer osmotischen Zelle (vergl. z. B. Nernst S. 130 ff.) angeführt sei. Von den Systembedingungen dieser Art hängt es ab, ob alle miteinander reagierenden Stoffe Gelegenheit finden sich umzusetzen, in welcher Weise die freiwerdende Energie verwendet wird, ob äußere Arbeit geleistet wird usw. Zu diesen Systembedingungen gehören zunächst die kapillaren Dimensionen der Zellen und ihrer Bestandteile, durch welche die für makroskopische Verhältnisse geltenden Gesetzmäßigkeiten gewisse Änderungen erfahren (Gibbs l. c.). Ferner ist hierher zu rechnen die räumliche Trennung von Protoplasma und Zellkern und die zwischen beiden befindliche, wahrscheinlich semipermeable Grenzschicht („Kernmembran"), sodann die semipermeable Plasmahaut (Pfeffer; vergl. auch Jensen, c) der Zelle an ihrer Oberfläche und an der Grenze gegen eingeschlossene Flüssigkeitströpfchen, wie Zellsaft, Vakuolen, Wabenräume (Bütschli) usw.

Unter diesen letzteren Systembedingungen finden wir nun solche, die besondere Eigentümlichkeiten der lebendigen Systeme darstellen. Wir haben nämlich festzustellen, daß die halbdurchlässige Plasmahaut, die „Kernmembran" usw., also Teile, welche Systembedingungen ausmachen, zugleich zu den reagierenden Stoffen des Systems gehören. Doch sind diese Eigentümlichkeiten des lebendigen Systems derart, daß sie die Anwendung der physikalisch-chemischen Auf-

fassung nicht prinzipiell erschweren. Die Erklärung der Entstehung dieser Systembedingungen ist eine Aufgabe der speziellen Entwicklungsmechanik.

Versuchen wir die inneren Entwicklungsursachen eines lebendigen Systems der angegebenen Art etwas näher zu bezeichnen, was selbstverständlich nur in ganz allgemeinen Zügen geschehen kann und soll [1]).

Für ein solches System ist es charakteristisch, daß alle in ihm stattfindenden Prozesse durch die Gesamtheit aller aufeinander reagierenden chemischen Körper und der oben erwähnten Systembedingungen bestimmt sind, was im Gegensatz zu den micellar-bioblastisch-idioblastischen Anschauungen besonders betont werden muß. Schon durch eine relativ geringe Änderung eines der reagierenden Stoffe kann das ganze System in Mitleidenschaft gezogen werden; schon eine geringe Konzentrationsänderung der chemisch einfachsten Körper, z. B. von Säure-Ionen oder Basis-Ionen, vermag das System in tiefgehender Weise umzugestalten. Es können bei einer solchen, wenn auch geringen Konzentrationsänderung jetzt Umsetzungen stattfinden, die vorher nicht möglich waren, diese Prozesse können wieder weitere auslösen usw. Die chemischen Umsetzungen werden dann ferner mitbedingt durch die mit ihnen verbundenen Wärmetönungen, die bald positiv, bald negativ sind. Stellen wir uns außerdem vor, daß in dem System Katalysatoren (Fermente) vorhanden seien, die unter gewissen Umständen eingreifen, so dürfen wir uns aus ganz unbedeutenden anfänglichen Änderungen die mannigfachsten und größten Umwälzungen entstanden denken; physikalisch-chemische Umwälzungen, die auch mit morphologischen verbunden sein können, indem ursprünglich gelöste Körper ausgefällt und ungelöste Körper aufgelöst werden usw. Daß durch eine einzige Änderung im lebendigen System eine ganze Kette zusammenhängender Prozesse erzeugt werden könne, wird uns auch besonders deutlich, wenn wir uns daran erinnern, daß hier durch Änderungen im chemischen System zugleich auch die Systembedingungen, im besonderen die Maschinenbedingungen,

1) Bei dieser allgemeinen Charakteristik ist von allen spezielleren Entwicklungsursachen, wie sie z. B. beim höheren Organismus in den gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Zellen gegeben sind, absichtlich Abstand genommen.

mitverändert werden, woraus wieder osmotische und zahlreiche andere Änderungen resultieren können. Vorgänge dieser Art, die aus einer Kette aufeinanderfolgender Einzelprozesse bestehen, sind uns ja auch aus der unbelebten Natur bekannt. Man bezeichnet sie als Induktionen (vergl. z. B. Nernst).

Es steht nichts im Wege, uns im lebendigen System Prozeßketten der erwähnten Art von größter Mannigfaltigkeit vorzustellen. Kompliziert werden diese Verhältnisse dann noch durch die im lebendigen System verlaufenden Gegenprozesse der Assimilierung und Dissimilierung (vergl. z. B. Jensen, i), die vielleicht für den langsamen Ablauf der die Entwicklung bedingenden, aufeinanderfolgenden Reaktionen besonders mitverantwortlich zu machen sind. Hierzu sei noch bemerkt, daß solche Gegenprozesse keinesweges etwas dem Lebendigen ausschließlich Eigentümliches sind, daß wir vielmehr Vorgänge von prinzipiell gleicher Art auch sonst aus der chemischen Kinetik kennen (vergl. z. B. Nernst).

Es möge nochmals betont werden, daß das durch die große Fülle der angedeuteten Teilprozesse ausgezeichnete lebendige System seine Entwicklungsfähigkeit, sowohl die ontogenetische als auch die phylogenetische, d. h. die fortschreitende Variabilität, durch die nicht-kompensierten, äußerst langsam sich ausgleichenden und immer wieder etwas anders neuentstehenden Intensitätsdifferenzen der beteiligten Energieformen erhält. Das gilt für jede Form der fortschreitenden Variabilität. Eine Spezialisierung dieses allgemeinen Prinzipes etwa für die verschiedenen oben (S. 35 ff.) genannten Arten der fortschreitenden Variabilität würde zu weit führen, zumal da wir die Eigentümlichkeiten der wirklich vorkommenden Variabilitätsarten noch nicht näher kennen.

Erst später wollen wir uns zu der bedeutungsvollen, oben schon (S. 18) aufgeworfenen Frage wenden, wie die aus inneren Gründen fortschreitende Variabilität oder phylogenetische Entwicklungsfähigkeit die charakteristische Eigentümlichkeit erhalten habe, derart auf die Außenwelt Rücksicht zu nehmen, daß sie die Entstehung und immer neue Ausgestaltung von „Anpassungen“, überhaupt von

primär- und sekundär-zweckmäßigen, kurz dauerfähigen, Gebilden gewährleiste (vergl. S. 125f.).

Die psychischen Eigenschaften des lebendigen Systems.

Um in unserer Analyse des lebendigen Systems keine Lücke zu lassen, müssen wir hier noch einen Blick auf die psychischen Eigenschaften desselben werfen. In dieser Hinsicht sei zweierlei bemerkt:

Erstens, daß wir die Atome und Moleküle, die Kräfte und Energieformen, insofern diese etwas von den psychischen Erscheinungen, nämlich Empfindungen, Vorstellungen, Begriffen und Gefühlen, wesentlich Verschiedenes darstellen, nicht als die einfachsten Elemente oder Erscheinungsweisen des Seienden auffassen dürfen, was unter Anderen besonders E. Mach (c) in überzeugender Weise dargetan hat; daß die Atome, Moleküle etc. sich vielmehr als Abstraktionen von Komplexen von Empfindungen und Vorstellungen ausweisen, eine Auffassung, die schon oben angedeutet wurde (S. 190). Mit dieser Auffassung schwindet der scheinbar prinzipielle Gegensatz zwischen Physischem und Psychischem. Doch müssen wir uns bei dem heutigen Stande der Naturwissenschaft damit begnügen, diese Anschauung prinzipiell anzuerkennen, ohne vorläufig die für die Forschungspraxis zweckmäßige Unterscheidung zwischen Materie und Psyche zu verwischen, zumal da die relativ einfachen Symbole der Atomistik und Energetik sich durch ihre Anschaulichkeit als so äußerst brauchbar erwiesen haben und immer noch erweisen.

Stellen wir uns auf den eben charakterisierten prinzipiellen Standpunkt, so haben wir zweitens die Frage zu beantworten: Was ist der wesentliche Unterschied zwischen einem materiellen System mit psychischen Eigenschaften, z. B. einem höheren Organismus, und einem materiellen System ohne solche, wenn schließlich alles Materielle sich in Psychisches soll auflösen lassen?

Darauf ergibt sich die folgende Antwort: Wir können bei einem höheren Organismus, z. B. einem Menschen, psychische[1]) Pro-

1) Im folgenden ist, wenn nicht anders bemerkt, „psychisch“ immer im üblichen engeren Sinne, im Gegensatz zu „physisch“, gemeint.

zesse sehr verschiedenen Grades unterscheiden, deren oberste Stufe wir im Zustande höchster Aufmerksamkeit und deren niedrigsten Grad wir im traumlosen Schlaf, in tiefer Narkose oder Ohnmacht vor uns haben; denken wir uns ferner einen schlafenden Menschen allmählich etwa durch Erfrieren sterben, so wird er wohl immer noch ärmer an psychischen Eigenschaften. Dem toten Menschen sprechen wir nicht mehr psychische Eigenschaften zu, als irgend einem anderen unbelebten materiellen System. Fassen wir nun aber auch einen toten Menschen in letzter Instanz als einen Komplex psychischer Elemente im weiteren Sinne auf, so unterscheidet er sich von einem lebenden Menschen dadurch, daß er viel ärmer ist an solchen psychischen Elementen im weiteren Sinne; einerseits insofern der tote Organismus schon an physischen Erscheinungen (d. h. chemisch-energetischen Lebenserscheinungen, die aber prinzipiell, wie wir S. 197 sahen, auch in psychische aufzulösen wären) erheblich ärmer ist als der lebendige, andererseits aber vor allem durch den Mangel der von den physischen Nervenprozessen abhängigen „höheren" psychischen Erscheinungen, nämlich der bewußten Empfindungen, Vorstellungen und Gefühle. Zu dieser Kategorie von Erscheinungen gehören auch die oben besprochenen mit Zweckvorstellungen verbundenen Nervenprozesse.

Fragen wir uns endlich auf Grund des eben Ausgeführten, ob unsere Auffassung der Zelle als inhomogenes („materielles") System nicht vielleicht durch diese „psychische Frage" gestört wird? Dies scheint mir durchaus nicht der Fall zu sein. Zwar werden wir bei den Nervenzellen zu beachten haben, daß in ihnen normalerweise physische Prozesse verlaufen, die mit höheren psychischen Erscheinungen verbunden sind, z. B. mit Zweckvorstellungen. Da aber solche psychische Erscheinungen niemals „objektiv" wahrnehmbar sind, so scheiden sie nach einem allgemein gültigen naturwissenschaftlichen Verfahren notgedrungen aus der objektiven Forschung aus. Denn Gegenstand der letzteren sind nur die materiellen Systeme und ihre Prozesse, das Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung die Auflösung dieser Systeme in ihre Komponenten und die Feststellung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen diesen.

In den Zusammenhang der so zu ermittelnden Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten gehören aber die an diese materiellen Prozesse geknüpften, nicht objektiv wahrnehmbaren, psychischen Erscheinungen nicht.

Allerdings bilden diese beiden Gruppen von Erscheinungen naturgemäß offenbar ein einziges Ganze, insofern alle Erscheinungen als voneinander abhängig angesehen werden müssen. Gleichwohl können wir die eine Gruppe von Erscheinungen, nämlich die psychischen im engeren Sinne, aus diesem Zusammenhange herausheben, ohne daß die gesetzmäßige Betrachtung des Übrigbleibenden, nämlich des Materiellen (zum Psychischen im weiteren Sinne gehörig) eine Einbuße zu erleiden braucht; Voraussetzung hierfür ist nur, daß man in diesem Verfahren konsequent sei. Wir tun dann ja nichts wesentlich anderes, als der Physiker, wenn er eine aus dem Kreis der Wahrnehmung verschwindende Energiemenge zu „innerer" Energie werden läßt, die nur unter bestimmten Bedingungen wieder in das Bereich des Wahrnehmbaren zurückkehrt. Durch dieses allgemein gültige Verfahren wird die Feststellung der Gesetzmäßigkeiten zwischen den wahrnehmbaren Größen deshalb nirgends erschwert, weil wir so stets mit allen an einem System jemals festgestellten Größen rechnen und uns da, wo solche „latent" geworden sind, der Anweisungen auf dieselben bedienen.

Zur weiteren Erläuterung möchte ich noch hinzufügen, daß z. B. auch für einen Menschen, dem etwa der Gesichtssinn fehlt, deshalb keine Lücke in der Gesetzmäßigkeit der Natur einzutreten braucht; er kann ja auch konstatieren, daß die von ihm wahrnehmbaren Energieformen stets in den gleichen gesetzmäßigen Beziehungen stehen, und daß unter gleichen Bedingungen stets das Gleiche geschieht. Da wo eine für den Blinden wahrnehmbare Energieform in eine von ihm nicht wahrgenommene strahlende Energie übergeht, wird sie für ihn nur „latent", er behält aber eine Anweisung auf ihren Betrag stets in seiner Rechnung.

Auch sei darauf hingewiesen, daß wir sogar gewisse „objektiv" wahrnehmbare Erscheinungen im allgemeinen nicht in die Darstellung der chemisch-energetischen Analyse von Prozessen aufnehmen, so z. B. die mit den letzteren etwa verbundenen Farbenänderungen und dergl.

Im Vergleich zu den erwähnten physikalischen Situationen sind wir gegenüber den psychischen Erscheinungen in einer verhältnismäßig noch günstigeren Lage, da diese für alle normalen Menschen stets in gleicher Weise aus allen objektiven materiellen Zusammenhängen des Geschehens dauernd ausgeschaltet sind. Das gilt aber, wie besonders hervorgehoben sei, nicht nur für lebendige, sondern auch für alle nichtlebendigen Systeme. Denn die Annahme liegt nahe, daß überhaupt an jedes „materielle" System[1]) und jeden auch anorganischen Vorgang Erscheinungen gebunden seien, die wir nicht objektiv wahrzunehmen vermögen. Bei einfachen anorganischen Systemen sind diese Elemente, die wir auch hier als psychische im engeren Sinne bezeichnen können (vergl. oben S. 197), aber wohl sehr spärlich im Vergleich zu der reichen Fülle dieser Eigenschaften bei den hochdifferenzierten Nervenzellen. Gegen diese sind gewiß auch die psychischen Eigenschaften der meisten anderen Zellen schon recht primitiv, weshalb das Psychische i. e. S. erst bei den Organismen mit Nervensubstanz eine besondere Bedeutung gewinnt (vergl. auch die obigen Darlegungen S. 111 ff.).

Eine ausführlichere Begründung des eben charakterisierten Standpunktes wäre hier nicht am Platze, zumal da die Entscheidung zwischen der Auffassung der Zelle als inhomogenes System und als Bioblasten-Kolonie nicht von der Stellungnahme zum psycho-physischen Grundproblem abhängt.

Die äußeren Faktoren der Entwicklung der Organismen.

Da die lebendigen Organismen als unfreie Systeme in ihrer Entwicklung offenbar recht erheblich von äußeren Faktoren mitbeeinflußt werden, so haben wir diesen ebenfalls eine besondere Beachtung zu schenken. Sie sollen daher einer systematischen Untersuchung unterworfen werden, was zum Nachteil dieses Problems bis

1) Entsprechend dem Dargelegten soll durch die Bezeichnung „materielles System" nicht gesagt sein, daß dem System psychische (im engeren Sinne) Bestandteile fehlen, vielmehr sollen künftig unter „materiellen Systemen" gleicherweise solche mit und ohne „psychische" (i. e. S.) Eigenschaften verstanden werden. Im ersteren Falle könnte man wohl auch von „psycho-physischen Systemen" reden.

jetzt nicht in ausreichendem Maße geschehen ist. Durch eine solche Untersuchung scheint mir auch eine unerläßliche Vorbedingung für die richtige Beurteilung des Wesens und der Rolle der „Selektion“ erfüllt zu werden, da wir nur nach solcher Vorarbeit erkennen können, welchen Platz sie in dem ganzen Zusammenhang der äußeren Faktoren der Entwicklung einnimmt. Die von Plate getroffene Unterscheidung von drei Arten von „Selektion“, nämlich einer solchen durch unbelebte Gewalten, durch belebte Feinde und durch Artgenossen, ist meines Erachtens nicht ausreichend, und zwar wegen der Unvollständigkeit der in Betracht gezogenen äußeren Faktoren (näheres siehe S. 210 ff.).

Auf die Frage, wie die Umgebung der Organismen in den ersten Anfängen ihrer Entwicklung etwa gewesen sein möge, will ich nicht besonders eingehen, da sie wohl im wesentlichen nicht anders beschaffen gewesen sein dürfte als heute. Deshalb wollen wir uns gleich zu den äußeren Entwicklungsbedingungen wenden, wie sie in der Jetztzeit erfahrungsgemäß gegeben sind.

Man kann die äußeren Faktoren, welche die organische Entwicklung mitbestimmen, zweckmäßigerweise in drei Gruppen, nämlich in relativ konstante, in fluktuierende und in periodisch wirkende Faktoren einteilen.

Zu den ersteren rechne ich einen Teil der in der unbelebten Natur gegebenen Faktoren, wie die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, der Meere, des Erdbodens usw. Ferner gehört hierher für den Parasiten der Körper seines „Wirtes“, für die in Symbiose lebenden Organismen die zugehörenden Symbionten und dergl. Indem wir vorläufig von den fortschreitenden Änderungen der relativ konstanten Faktoren absehen, können wir die letzteren als dadurch ausgezeichnet ansehen, daß sie fortwährend in ziemlich konstanter Größe auf die in ihrem Machtbereich lebenden Organismen einwirken.

Die fluktuierenden Bedingungen werden ebenfalls vorwiegend durch Faktoren der unbelebten Umgebung der Organismen dargestellt, wie die mit den Tages- und Jahreszeiten wechselnden Temperatur-, Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse, manche für die Er-

nährung in Betracht kommenden Faktoren und dergl. Für diese fluktuierenden Bedingungen ist es charakteristisch, daß sie zwar erhebliche Größenschwankungen zeigen, aber doch stets einen endlichen Wert haben, so daß sie ebenfalls fortwährend wirken.

Dagegen schwankt die Größe der periodisch wirkenden Faktoren im allgemeinen recht unregelmäßig zwischen verschiedenen endlichen Werten und zwischen Null oder nahezu Null, so daß diese Faktoren nicht fortwährend auf die Organismen einwirken. Zu diesen periodisch wirksamen Faktoren gehören in erster Linie die in der Umgebung eines Organismus befindlichen anderen lebendigen Organismen, die sich bald als schädlich bald als förderlich erweisen; ferner sind hierher noch zu zählen gewisse Faktoren der unbelebten Natur, die für beliebige Zeit bis auf den Wert Null herabgehen können, wie z. B. zerstörende mechanische Einwirkungen heftiger Stürme, Regengüsse, Hagel und dergl. Vielleicht könnte man unter Umständen auch einige fluktuierende Faktoren im Falle übermäßiger Entfernung von ihrem gewöhnlichen Mittelwert hierher nehmen, wie große Hitze, Kälte, Trockenheit und Nässe. Es sind eben keine vollständig strengen Grenzen zwischen den drei Gruppen äusserer Faktoren zu ziehen, doch wird die Einteilung in dieselben gewiß der Übersichtlichkeit dienlich sein.

Bisher wurde nur einmal angedeutet, daß die verschiedenen äußeren Bedingungen der Organismen sich auch fortschreitend ändern. In Wirklichkeit finden nämlich wegen der fortschreitenden Entwicklung unseres Sonnensystems fortschreitende Änderungen aller äußeren Faktoren statt, die freilich sehr langsam erfolgen. Das gilt sowohl für die relativ konstanten Faktoren, als auch für die Durchschnittswerte der fluktuierenden und periodisch wirkenden, und zwar ebenso für die unbelebten wie für die lebendigen.

Wir wollen nun darzulegen versuchen, wie sich unter den bezeichneten Voraussetzungen eine allgemeine Theorie der Entwicklung des Lebens gewinnen läßt.

Allgemeine Theorie der Entwicklung des Lebens.

Entstehung der Organismen; Scheidung von Organismen und Anorganen.

Für die Vorstellung, die wir uns vom Ursprung des Lebens machen können, ist die Zeit, in die wir ihn verlegen, von größter Bedeutung; denn von ihr hängen die für die Bildung lebendiger Systeme maßgebenden Bedingungen ab, die z. B. damals, als es noch kein kondensiertes Wasser auf der Erde gab, erheblich andere waren, als etwa heute.

Bezüglich der Entstehungszeit der Organismen lassen sich hauptsächlich zwei Gruppen von Anschauungen unterscheiden:

Nach der einen, wohl von den meisten Biologen vertretenen, wird der Anfang des Lebens in jene Periode der Erdentwicklung verlegt, wo sich der Wasserdampf der Atmosphäre in tropfbarflüssiger Form auf der Erdoberfläche niederzuschlagen begann. Für diese Hypothese der „Urzeugung" ist es ferner charakteristisch, daß nach ihr die primitive lebendige Materie gewissermaßen aus dem Wasser „auskristallisiert" sein soll, und zwar in einer dem heutigen Protoplasma ähnlichen Beschaffenheit, also schon als verhältnismäßig sehr kompliziertes chemisches System. Ohne näher auf eine Kritik dieser Anschauungen einzugehen, möchte ich nur bemerken, daß es vom chemischen Standpunkte aus geradezu ausgeschlossen erscheint, daß zu der gedachten Zeit an der Erdoberfläche Bedingungen bestanden haben, unter denen ein derartiges Protoplasma von selbst entstehen konnte. Denn zu dem Aufbau des letzteren wären zweifellos komplizierte synthetische Prozesse nötig gewesen, die weder die chemische Beschaffenheit noch die Energieverhältnisse des Urmeeres gestattet haben dürften.

Daher bleibt von ernsthaft zu nehmenden Hypothesen nur jene zweite Gruppe übrig, nach welcher das erste Leben sehr viel früher, als in der zuvor bezeichneten Zeit, und in noch viel einfacherer Form, als sie selbst die primitivsten heutigen Organismen zeigen, aufgetreten ist. Hypothesen dieser Art sind von verschiedenen Forschern aufgestellt worden (vergl. hierüber Verworn). Am be-

kanntesten ist die besonders auf chemische Überlegungen gegründete Vorstellung von Pflüger (a). Dieser Forscher, wie auch schon Fechner (vergl. das Zitat auf S. 186 und l. c. S. 41 ff.), verlegen den Ursprung des Lebens etwa in eine Zeit, wo nach den üblichen Vorstellungen die Erdoberfläche noch glühend war, und vielleicht noch gar keine Scheidung von Erde und Atmosphäre stattgefunden hatte. In eine solche Zeit weisen auch die für die vorliegende Entwicklungshypothese gemachten Voraussetzungen (siehe S. 189 ff.).

Nach diesen Voraussetzungen hat das Leben zu einer Zeit begonnen, als die angenommenen Elementarbestandteile noch möglichst frei verfügbar waren für eine große Mannigfaltigkeit von Verknüpfungen. Wir können uns vorstellen, daß damals beim Zusammenwirken der „Elemente" (vergl. S. 190) die oben bezeichnete ungeheure Mannigfaltigkeit von Komplexen (Systemen) entstanden ist (oder schon vorhanden war) in den verschiedensten Graden der Kompliziertheit, der Stabilität, der Stationarität, der Labilität und fortschreitenden Veränderlichkeit. Unter allen diesen Komplexen werden wir solche von einer gewissen Kompliziertheit, Labilität, Stationarität, d. h. Dauerfähigkeit oder Selbsterhaltungsfähigkeit (vergl. S. 125 f.), und vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitenden Veränderlichkeit als die Urformen der heutigen Organismen anzusehen haben. Neben diesen organischen Urformen werden sich ferner solche Systeme gebildet haben, aus denen sich, zusammen mit den nicht zu dauernder Stationarität gelangten Organismen, die heutige anorganische Materie in ihren zahlreichen verschiedenen Erscheinungsformen entwickelt hat. Auch unter diesen unbelebten Systemen zeigen sich uns solche von nicht unerheblicher Kompliziertheit, Stationarität und fortschreitender Veränderlichkeit, wie z. B. das aus Atmosphäre, Flüssen und Meeren bestehende Wassersystem der Erde, heiße Quellen, Vulkane und dergl. Daneben finden wir dann kompliziertere und einfachere relativ stabile Gebilde, wie viele Mineralien, chemisch wenig „aktive" Elemente und dergl.

Im Vergleich zur Entstehungszeit der Organismen befindet sich die Erde heute offenbar in einem recht stabil-stationären Zustand, wie

das auch nach dem Fechnerschen Stabilitätsprinzip nicht anders zu erwarten ist. Zur weiteren Charakterisierung dieser Vorstellungen sei jener frühere Zustand noch etwas genauer geschildert. Zunächst ist für ihn bemerkenswert, daß die Erde damals viel weniger differenziert war als jetzt, obgleich sie auch in jener Zeit schon aus zahlreichen verschiedenen Systemen zusammengesetzt war. Und zwar ist die heutige Differenzierung wohl dadurch ausgezeichnet, daß die einzelnen Systeme zum Teil erheblich komplizierter, mehr untereinander verschieden und durch weniger Übergänge miteinander verbunden sind als ehedem. Die größere Kompliziertheit läßt sich aus einer teilweisen Vereinigung verschiedener Einzelsysteme herleiten, die sich ja gegenseitig in der mannigfachsten Weise in ihre Entwicklungen hineinziehen können. Die erwähnte Vergrößerung der Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen ist zurückzuführen auf die weitere Ausgestaltung der anfänglichen Differenzen, welche teils durch innere, teils durch äußere Faktoren bedingt ist; und zwar wird durch partielle Vereinigung von Komplexen, sowie durch Austausch und Zerfall, die Entwicklung bald einfacherer, bald komplizierterer, ganz verschiedengradig stabiler oder stationärer Gebilde veranlaßt. Zur näheren Erläuterung sei bemerkt, daß ja erfahrungsgemäß ursprünglich sehr geringe Differenzen weit auseinandergehende Entwicklungen zu bewirken imstande sind, und daß in langdauernden stetigen Entwicklungen Momente auftreten können, wo ein System unter tiefgreifender Änderung seiner wesentlichen Eigenschaften plötzlich in einen völlig neuen Zustand übergeht, wie es zum Beispiel bei der oxydativen Spaltung einer komplizierten organischen Verbindung der Fall ist. Aus diesen Darlegungen über die Ausbildung größerer Differenzen zwischen den einzelnen Systemen ergibt sich ohne weiteres auch ein Verständnis für den Ausfall von Übergangsstufen zwischen manchen erheblich differenten Systemen.

Die letzten Überlegungen machen es uns auch verständlich, warum die Zwischenstufen zwischen den unbelebten Körpern und den lebendigen Organismen jetzt vollständig fehlen, und warum auch in der Reihe der letzteren so manches Glied verloren gegangen ist.

Wenden wir uns nunmehr zur Betrachtung der primitiven lebendigen Systeme, die wir natürlich nur in bezug auf ganz allgemeine Eigenschaften zu charakterisieren versuchen dürfen:

Es liegt nahe anzunehmen, daß diese ursprünglichen lebendigen Systeme an den verschiedensten Punkten der Erde, im besonderen der Erdoberfläche, aufgetreten sind; daß demnach der Ursprung der Organismen ein polyphyletischer sei. (Haeckel, b, S. 409). Diese Urorganismen stellen unfreie, ziemlich komplizierte, relativ stationäre oder dauerfähige (vergl. S. 125 f.), labile und langsam fortschreitend veränderliche Systeme dar, an deren chemischem Aufbau man sich unter anderem die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besonders beteiligt denken mag. Bezüglich ihrer psychischen Eigenschaften sei auf die obigen Ausführungen verwiesen (S. 197 ff.).

In dieser Charakterisierung der lebendigen Ursysteme ist schon der Hinweis enthalten, daß ihre Eigentümlichkeiten von äußeren und inneren Faktoren abhängen. Und ferner gibt sie bereits eine vorläufige Antwort auf die wichtige, besonders von Weismann betonte Frage, wie ein „inneres Prinzip", das doch keine „Rücksicht" auf äußere Verhältnisse nehmen könne, die „Anpassungen" der Organismen, aus denen die letzteren doch zu einem wesentlichen Teil bestehen, zustande zu bringen vermöge (weiteres über diese Frage s. S. 213 f.): Denn „Anpassung" im Sinne von „Angepaßtsein" deckt sich ungefähr mit dem physikalischen Begriff der „Stationarität", wie der Vorgang der „direkten Anpassung" gleichbedeutend ist mit Stationärwerden. Das Angepaßte ist aber ferner eo ipso „selbsterhaltungsfähig" und „zweckmäßig". Es ist demnach verständlich, daß die Organismen schon von ihrem Ursprung an zweckmäßige Eigenschaften, also eine „primäre Zweckmäßigkeit" besaßen (vergl. oben S. 5 ff.); die „sekundäre Zweckmäßigkeit" wird erst später besprochen werden.

Um auf einen Punkt noch hinzuweisen, so können wir uns leicht denken, daß die einzelnen lebendigen Systeme schon von Anfang an individuelle Unterschiede gegeneinander darboten, was bei ihrer beträchtlichen Komplikation wohl verständlich ist; diese Unterschiede lassen sich vergleichen mit denjenigen der verschiedenen Planeten,

die nach der Kant-Laplaceschen Hypothese derselben zentralen Sonne entstammen.

Weitere Ausgestaltung der lebendigen Ursysteme.

Wir wollen jetzt einen Blick auf den Entwicklungsgang der lebendigen Systeme werfen und die Rolle untersuchen, welche die inneren und äußeren Faktoren hierbei spielen. Doch soll zunächst nur eine allgemeine Charakterisierung der „Mechanik" der Entwicklung gegeben werden, ohne daß schon auf ihre spezielleren Ergebnisse eingegangen wird.

Wirkungsweise der inneren Faktoren.

Um die Bedeutung der inneren Faktoren genügend hervortreten zu lassen, wollen wir einmal den Fall setzen, daß die äußeren Bedingungen konstant seien, daß also das die Entwicklung, den Fortschritt unterhaltende Moment ausschließlich dem lebendigen System selbst innewohne, nämlich in seiner Konfiguration und seinen Energieverhältnissen gegeben sei; es läge dann eine „Autogenese" im strengsten Sinne vor (vergl. S. 19f. und 49ff.).

Daß eine solche Autogenese möglich ist, geht schon aus dem oben angeführten Beispiel eines einfachsten Entwicklungsvorganges (S. 183) und aus dem Beispiel der Planetenentwicklung hervor, wo die wesentlichen Entwicklungsbedingungen auch innere waren.

Die inneren Entwicklungsursachen der lebendigen Systeme haben wir zu erblicken in nichtkompensierten Energiedifferenzen, die in der oben bezeichneten Weise immer wieder zu neuen Energieverwandlungen und -verschiebungen führen, also eine endlose Kette von Induktionen darstellen (siehe auch oben S. 196). Wir haben uns vorzustellen, daß hierbei, wie es für den lebendigen Stoff- und Energiewechsel charakteristisch ist, fortwährend Stoff und Energie aus der Umgebung in die lebendigen Systeme hereingezogen werden, die für den Fortgang der Prozesse das Betriebsmaterial liefern; dabei würde die Beschaffenheit der Umgebung stets dieselbe bleiben können, wie wir vorläufig annahmen.

Man darf, wie mir scheint, sich vorstellen, daß die genannten wesentlichen Eigentümlichkeiten der lebendigen Systeme in gewissem Grade schon mit den inneren Entwicklungsfaktoren gegeben sind. Das gilt selbstverständlich für die relative Stationarität, also die Selbsterhaltungsfähigkeit, das Angepaßtsein und die primäre Zweckmäßigkeit; denn wir bezeichnen ja unter den zahllosen verschiedenartigen Systemen, deren Entstehungsmöglichkeit wir dargetan haben, eben diejenigen als Organismen, welche die letzteren Eigenschaften besitzen. Auch die fortschreitende Veränderlichkeit, und zwar die vom Einfacheren zum Komplizierteren gerichtete, können wir als schon im lebendigen System selbst begründet ansehen, ähnlich wie es bei der Entwicklung der Planeten der Fall ist, auch derjenigen, die kein organisches Leben hervorgebracht haben. Diese Veränderlichkeit ist aber im wesentlichen nichts anderes als die aus „inneren Gründen" fortschreitende Variabilität[1]) der Organismen. Wir dürfen uns auf Grund unserer Voraussetzungen vorstellen, daß diese fortschreitende Variabilität der lebendigen Ursysteme auch schon ohne die Mitwirkung variabler, im Besonderen fortschreitend veränderlicher, äußerer Faktoren, also beim Vorhandensein völlig konstanter äußerer Faktoren, zu immer komplizierteren Gebilden zu führen vermocht hätte (vergl. auch S. 192 f.).

Das Prinzipielle dieser Darlegungen wird dadurch nicht berührt, daß in dem Beispiel der Planetenentwicklung die fortschreitenden Veränderungen an demselben System auftreten, sich also bei der Vergleichung zweier verschiedener Entwicklungsstadien desselben Systems zeigen, während beim Organismus die fortschreitende Variabilität erst zum Ausdruck kommt bei der Vergleichung entsprechender ontogenetischer Entwicklungsstadien zweier oder mehrerer verschiedenen, durch Fortpflanzung aus ihren Vorfahren hervorgehenden Individuen oder Generationen; auch der Umstand dürfte keinen prinzipiellen Unterschied machen, daß die fortschreitende Variabilität der Organismen sich in zweifacher Weise äußert, einerseits in den Keimsubstanzgenerationen (s. S. 98 ff.), andererseits in den die fortschreitende Keimesvariabilität sichtbar machenden entwickelten Soma-Individuen.

1) Bezüglich der spezielleren Formen derselben vergl. das oben S. 196 Gesagte.

Die angedeuteten Unterschiede verschwinden nämlich oder werden erheblich vermindert, wenn man folgendes berücksichtigt:

Auch für die Keimsubstanz eines und desselben Individuums liegt die Annahme nahe, daß sie schon während der Zeit, die sie in dem zugehörigen Soma zubringt, wenigstens minimale fortschreitende (phylogenetische) Veränderungen durchmacht (vergl. S. 99 f.). Ferner aber haben wir auch bei der Entwicklung des Sonnensystems eine Art Fortpflanzung zu verzeichnen, insofern die Sonne die Planeten und die Planeten die Monde aus sich hervorgehen lassen; hier können wir also auch die Unterschiede zwischen Sonne, Planeten und Trabanten als den Ausdruck einer von Generation zu Generation fortschreitenden Variabilität auffassen. Um endlich auch die Beteiligung von Keimsubstanz und Soma an der fortschreitenden Variabilität der Organismen dem Verständnis näher zu bringen, sei es gestattet, folgendes fingierte Beispiel zu gebrauchen: Denken wir uns, daß die Sonne, als sie die Planeten, und diese, als sie ihre Monde erzeugten, an der Oberfläche etwa schon eine Erstarrungskruste oder sonstige Differenzierungsprodukte besessen hätten, und daß die Substanz der Tochtergestirne jeweils aus der noch weniger differenzierten Innenmasse des Muttergestirns ausgepreßt worden wäre; was unter gewissen Voraussetzungen ja physikalisch denkbar wäre, worauf allein es uns bei diesem Beispiel ankommt. Unter solchen Umständen ließe sich die Innenmasse der Sonne und der Planeten der Keimsubstanz vergleichen, und es wären die Unterschiede, die man zwischen der Innenmasse der Sonne, der Planeten und der Monde annehmen darf, als Ausdruck einer fortschreitenden Variabilität dieser Innenmasse aufzufassen. Dagegen wären die aus dem anfangs gleichartigen Magma der einzelnen Gestirne hervorgegangenen Erstarrungsprodukte den verschiedenen Somata gleichzusetzen, und die Verschiedenheit dieser Differenzierungsprodukte bei den verschiedenen voneinander abstammenden Gestirnen könnte man als Ausdruck einer fortschreitenden Variabilität der letzteren, im besonderen auch ihrer Innenmassen, ansehen.

Es scheint mir daher möglich, die vom Einfacheren zum Komplizierteren gerichtete fortschreitende Variabilität der Organismen,

sogar trotz den durch die Fortpflanzung bewirkten Komplikationen, aus den obigen einfachen Prinzipien abzuleiten.

Auch dafür dürften die angeführten inneren Entwicklungsursachen schon ausreichend sein, das Zustandekommen der großen Mannigfaltigkeit der lebendigen Systeme, wie besonders der höheren Organismen, prinzipiell verständlich zu machen. Solche inneren Entwicklungsursachen waren es ja doch auch vorwiegend, welche die selbst nach Abzug der Organismen noch recht mannigfaltig konfigurierte Erdrinde mit allen ihren Gesteinsbildungen, ihrem komplizierten Wassersystem, ihren Vulkanen, heißen Quellen usw. haben entstehen lassen. Es ist nicht nachzuweisen, daß die Kompliziertheit und Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung eines Organismus eine wesentlich andere sei, als diejenige eines zwar von Organismen freigebliebenen, aber gleichwohl mit Stoff-, Energie- und Formwechsel begabten Himmelskörpers.

Daß endlich das Auftreten fluktuierender Variationen unter den einzelnen Individuen derselben Generation auch schon aus den besprochenen inneren Entwicklungsbedingungen abzuleiten ist, wurde oben bereits angedeutet (S. 206). Analoge Verhältnisse bieten uns zur Veranschaulichung hier wiederum die Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen der Planeten- und Mond-„Generationen".

Allgemeines über die Wirkungsweise der äußeren Faktoren.

Es bedarf wohl kaum eines Hinweises darauf, in wie mannigfacher Art die Lebenserscheinungen, im besonderen auch die Entwicklung der Organismen, von den äußeren Faktoren abhängen. Immerhin sei zur allgemeinen Charakterisierung dieser Abhängigkeit daran erinnert, daß die Organismen nicht nur in der Äußerung ihrer Funktionen sondern auch in der Ausbildung ihrer Formen und Farben erheblich durch die Umgebung beeinflußt werden. Ersteres zeigt in größtem Umfange die gesamte Physiologie, für letzteres seien als Beispiele angeführt die „geographischen", „lokalen" und „klimatischen" Rassen und Varietäten (vergl. Weismann b, Bd. II, S. 298 ff.), der

„Saisondimorphismus", im besonderen z. B. der Einfluß der Temperatur auf die Farben und Zeichnungen von Vanessa levana bezw. prorsa, von Pieris napi etc., der Einfluß des Salzgehaltes des Wassers auf Artemia salina, der Einfluß des Lichtes auf die Farben der Oscillarien (vergl. S. 23) etc. etc.

Gehen wir nunmehr auf die Wirkungen der äußeren Faktoren etwas näher ein.

Hierbei sei zunächst von dem Umstande abgesehen, daß alle diese Faktoren sich mit der Entwicklung unseres Sonnensystems fortschreitend verändern (vergl. oben S. 202). Da nämlich diese Änderungen erst innerhalb längerer Zeiträume merkliche Werte erreichen, so können wir die allgemeine Wirkungsweise der äußeren Faktoren vorläufig auch ohne Rücksicht auf ihre fortschreitenden Änderungen untersuchen. Der Einfluß der letzteren wird dann erst nachher in Rechnung gezogen werden.

Ferner wollen wir vorläufig von der Tatsache Abstand nehmen, daß viele von den äußeren Faktoren an verschiedenen Orten der Erde erheblich differieren, so daß dieselbe Organismenart durchaus nicht an allen Orten den gleichen Bedingungen ausgesetzt ist.

Es ist wohl von vornherein zu erwarten, daß die verschiedenen Gruppen der äußeren Faktoren, nämlich die relativ konstanten, die fluktuierenden und die periodisch wirkenden einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Entwicklung haben werden.

So zeigt es sich denn auch, daß die Faktoren der beiden ersteren Gruppen, die wir als fortwährend wirkende zusammenfassen können, unerläßliche Voraussetzungen für das Leben und die Entwicklung, also überhaupt für alle wesentlichen Eigenschaften der Organismen darstellen. Durch diese Bedingungen ist offenbar der Charakter der Stationarität der Organismen, ihrer Zweckmäßigkeit, Kompliziertheit, Labilität und Variabilität sehr wesentlich mitbestimmt. Daher haben die kontinuierlich wirkenden Faktoren auch einen unmittelbaren Anteil an der Hervorbringung neuer Formen, es sind gewissermaßen schöpferische Faktoren; im Gegensatz zu den nur periodisch wirkenden Faktoren, die mit wenigen Ausnahmen (siehe S. 223) die auch ohnedies vonstatten gehenden Lebensprozesse

nur fördern, hemmen oder aufheben, ohne zu dem ihnen dargebotenen Material etwas wesentlich Neues hinzuzufügen.

Betrachten wir nunmehr die Wirkungen der drei Gruppen von äußeren Faktoren etwas näher.

Die relativ konstanten Faktoren und Selektion I.

Wie schon erwähnt, haben die relativ konstanten Faktoren zusammen mit den inneren Entwicklungsursachen einen erheblichen Anteil an der Ausbildung der Eigenschaften der Organismen, auf deren einige hier eingegangen sei. Zur Erläuterung der Art und Weise, wie diese Faktoren die Kompliziertheit der Organismen mitbestimmen, sei nur auf die Rolle des atmosphärischen Sauerstoffs und des Salzgehaltes der Meere hingewiesen. Wie anders würde ein lungenatmendes Tier beschaffen sein, dem nicht fortwährend große Mengen Sauerstoffs zum Aufbau seines Körpers zur Verfügung ständen; und wie müßten unsere Meeresorganismen chemisch-physikalisch umgeändert werden, wenn der Salzgehalt der Meere qualitativ und quantitativ ein erheblich anderer wäre! Daß die Variabilität der Organismen in ähnlicher Weise durch die relativ konstanten Bedingungen mit bestimmt ist, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Etwas ausführlicher aber wollen wir die bezüglichen Bedingungen der Stationarität, d. h. der „Zweckmäßigkeit", „Erhaltungsfähigkeit" oder „Anpassung", behandeln:

Es ist selbstverständlich, als im Begriff der Stationarität gelegen, daß der Organismus, wie jedes materielle System unter analogen Umständen, an die relativ konstanten Faktoren aufs beste angepaßt ist. Sollte nämlich ein Organismus an diese Bedingungen aus irgend welchem Grunde nicht mehr angepaßt sein, so wäre er kein stationäres System mehr. Tritt ein solcher Fall ein, so ist nur zweierlei möglich: Entweder erreicht der Organismus unter Beibehaltung seiner wesentlichen bisherigen Eigenschaften durch kleinere Änderungen doch noch einen stationären Zustand, d. h. er paßt sich an, oder er verfällt unter erheblicher Umwandlung seiner wesentlichen Eigenschaften einem neuen stabileren Zustande, d. h.

er geht zugrunde. In einem allgemeineren physikalischen Sinne ist das letztere selbstverständlich auch eine „Anpassung“ des betreffenden Systems (vergl. hierüber die folgende Seite).

Mit der eben angeführten zwiefachen Reaktionsmöglichkeit eines Organismus gegenüber den relativ konstanten Faktoren sind in der einfachsten Form die Bedingungen einer „Selektion“ gegeben, freilich einer solchen in einem weiteren Sinne, als dem in der Zoologie gebräuchlichen; eine solche Selektion sei als Selektion I bezeichnet. Wir wollen hier sogleich auf das Charakteristische dieser Selektion eingehen und zugleich das für jede Art von Selektion Wesentliche hervorheben:

Voraussetzung für jede Selektion ist die ja tatsächlich vorhandene individuelle Variabilität[1]) der einzelnen Vertreter einer Organismen-Spezies, welche, um einen prägnanten Fall zu wählen, einerseits Organismen liefern kann, die unter den vorhandenen relativ konstanten Bedingungen stationär bleiben, andererseits solche, die dies nicht vermögen; letztere verfallen, noch ehe sie sich fortpflanzen konnten, unter tiefgreifender Änderung ihrer wesentlichen Eigenschaften dem stabileren Zustande des Todes. Dadurch wird also eine „Auslese“ getroffen zwischen Stationärem und Nichtstationärem, es resultiert ein „Überleben“ des ersteren, als des „Passendsten“. Und da die passendsten Individuen, als die überlebenden, allein zur Vermehrung gelangen, und da ihre fortschreitende Variabilität durchschnittlich im Sinne einer besseren Anpassung gerichtet ist (vergl. S. 204 ff. und 214), so wird auf diese Weise die ganze Art in einen Zustand zunehmend besserer Anpassung versetzt, erfährt also neben ihrer „direkten“ Anpassung (vergl. S. 22) auch eine „indirekte“. Die erstere braucht nicht besonders behandelt zu werden; sie ist gegenüber den relativ konstanten Faktoren, wie schon oben bemerkt, selbstverständlich.

Wir müssen an dieser Stelle auf das Problem der Entwicklung von „Anpassungen“ trotz den vornehmlich inneren Ursachen der fortschreitenden Variabilität nochmals zurückkommen (vergl. S. 206),

1) Es sei eine zugleich fortschreitende und fluktuierende Variabilität angenommen, obgleich letztere als Grundlage für eine Selektion schon genügte.

da an diesem Vorgang offenbar auch die Selektion, im besonderen die Selektion I, einen erheblichen Anteil hat. Es ist verständlich, daß die Selektion I schon seit den ersten Anfängen der Erdentwicklung tätig war, also auch zu der Zeit, als sich die lebendigen Urorganismen neben den zahlreichen anderen materiellen Systemen zu differenzieren begannen. Daher sind schon von Anfang an unter den vielen verschiedenen komplizierten, mit fortschreitender Variabilität begabten Systemen diejenigen stets zugrunde gegangen, bei denen die fortschreitende Variabilität oder Entwicklungsfähigkeit nicht immer wieder zu stationären Gebilden führte. Auf diese Weise haben die phylogenetisch sich entwickelnden lebendigen Systeme fortwährend die engste Fühlung mit den Faktoren ihrer Umgebung behalten, sodaß nichts anderes als Anpassungen herauskommen konnte. Was sich also von komplizierten, fortschreitend variablen Systemen seit jenen ältesten Zeiten trotz der stetigen strengen Selektion I stationär erhalten hat, von dem darf man mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen, daß es für lange Zeit auch künftig noch stationär bleiben wird. Wir haben es daher nicht anders zu erwarten, als daß sich die so gezüchtete heutige Variabilität der Organismen im allgemeinen innerhalb der Grenzen der Anpassungsfähigkeit oder der Möglichkeit der Stationarität halten werde. Die derart eingedämmte Variabilität zeigt daher heute wohl überhaupt viel weniger wesentliche Schwankungen, als zurzeit der Urorganismen; dementsprechend dürfte auch die heutige Selektion I viel mehr Kleinarbeit sein im Vergleich zur ursprünglichen, die wohl mit verhältnismäßig größeren und gewichtigeren Variationen zu rechnen hatte.

Man könnte, um sich die Bedeutung der Selektion I recht klar zu machen, fragen, was geschähe, wenn sie nicht in Kraft stände? Darauf ist zu erwidern, daß wir diese Selektion garnicht verhindern könnten, ohne zugleich den Organismen die Bedingungen für die Erhaltung ihres Lebens und ihrer charakteristischen Eigenschaften zu entziehen. Denn das Leben des Organismus, seine direkte Anpassung und die Selektion I sind in inniger Verbindung von den relativ konstanten Faktoren abhängig. Es hätte daher keinen Zweck, auf den angedeuteten abstrakten Fall näher einzugehen. Wir werden bei

der Besprechung anderer Arten der Selektion hierauf nochmals zurückkommen.

Beim tieferen Eindringen in die Wirkungsweise der Selektion treffen wir auf die Frage, ob ihre Erfolge verschiedene seien bei den Organismen mit und ohne Amphimixis und je nach der Art der fortschreitenden Variabilität. Der letztere Punkt wurde oben schon flüchtig berührt (S. 46 ff.). Es würde uns aber zu weit führen, wenn wir alle die früher angedeuteten möglichen Konstellationen untersuchen wollten, die dadurch noch verwickelter werden, daß wir beim näheren Eingehen auf die Amphimixis auch die etwaigen Folgen der Panmixie und der sexuellen Selektion zu berücksichtigen hätten.

Nur an einen prinzipiell wichtigen Umstand sei erinnert, nämlich an das Verhältnis der Amphimixis zur Naturzüchtung. Nach dem allgemeinen biologischen Sprachgebrauch bezeichnet man wohl Ausleseprozesse nach Art der bisher besprochenen noch nicht als „Züchtung", nämlich solche, wo durch Überleben, Vermehrung und entsprechende fortschreitende Variabilität des besser Angepaßten eine zunehmende bessere Anpassung der einzelnen Individuen und damit der ganzen Art erfolgt. Vielmehr gehört zur Vervollständigung des üblichen Begriffes der „Züchtung" noch die Amphimixis, im besonderen die Amphigonie auf Grund der vom Züchter oder von der Natur vorgenommenen Auswahl jeweils geeigneter männlicher und weiblicher Individuen. An solche Vorgänge denkt man wohl stets, wenn man von „künstlicher Züchtung" und „Naturzüchtung" spricht.

Es scheint mir für die Beurteilung der Organismenselektion von Bedeutung, festzustellen, ob etwas ihr Ähnliches auch in der unbelebten Natur vorkomme; und zwar sei zunächst die Selektion I in dieser Hinsicht geprüft.

Wenn wir das Wesen der Selektion in der Scheidung von Stationärem und Nichtstationärem und in der Elimination des letzteren erblicken, so ist die aufgeworfene Frage ohne weiteres zu bejahen. Nun weist aber Plate (l. c. S. 144) darauf hin, daß mit einer so weiten Fassung des Selektionsbegriffes dieser seine Brauchbarkeit in

der Biologie einbüße. Es müsse nämlich als charakteristisch für die Selektion im Sinne der Darwinschen Theorie der Umstand angesehen werden, daß durch sie ein „Fortschritt", eine „Vervollkommnung" der betreffenden Systeme bewirkt werde. Damit will Plate wohl andeuten, daß man nur die Auslese zwischen Organismen als Selektion bezeichnen soll.

Mag man diesen Standpunkt aber auch als praktisch anerkennen, so ist es doch von großer allgemeiner Bedeutung zu wissen, ob die Auslese zwischen den Organismen wirklich von anderen Ausleseprozessen prinzipiell verschieden ist oder nicht. Für eine solche Untersuchung erscheint es mir aber nicht zweckmäßig, die zunehmende „Vervollkommnung" als charakteristisches Merkmal der Organismenselektion hinzustellen, da dieser Begriff einerseits nicht genügend objektiv und klar und andererseits nicht auf die phylogenetische Entwicklung aller Organismen anwendbar ist, wie z. B. auf diejenige vieler Parasiten, überhaupt auf sehr einseitige Anpassungen. Vielmehr kann man als charakteristisch für die Organismenauslese und ihre Ergebnisse etwa folgendes ansehen:

Was zunächst die Objekte der Selektion betrifft, so lassen sie sich auf Grund des obigen Begriffs des Organismus ganz allgemein definieren als relativ komplizierte Systeme, mit der Fähigkeit, sich unter bestimmten Bedingungen im Sinne zunehmender Stationarität langsam fortschreitend zu verändern, derart, daß ihre Kompliziertheit zunimmt, gleich bleibt oder doch nur wenig abnimmt. Und die Selektion kommt bei diesen Systemen darin zum Ausdruck, daß unter der Einwirkung gewisser äußerer Faktoren vorzugsweise diejenigen von umfassenderer Stationarität erhalten bleiben, während diejenigen eliminiert werden, welche sich unter den betreffenden Bedingungen nicht in der eben angegebenen Weise stetig fortentwickeln können, sondern unter weitgehender Vereinfachung eine tiefgreifende Änderung (Tod) erfahren. Eine solche Definition ist auf alle Arten der „Selektion" bei Organismen anzuwenden.

Auch wenn wir die Selektion in dieser besonders den Organismen angepaßten Art definieren, ist sie der unbelebten Natur nicht völlig fremd. Und zwar treffen wir bei der schon öfters als Bei-

spiel herangezogenen Entwicklung unseres Sonnensystems ähnliche Verhältnisse an. Man darf annehmen[1]), daß die Kometen unseres Sonnensystems ähnlich wie die Planeten aus einem mit unserer Sonne verwandten Zentralgestirn entsprossen sind[2]); und zwar können wir uns vorstellen, daß die Urzustände der Kometen und Planeten gar nicht sehr erheblich verschieden gewesen seien, daß vielmehr anfangs nur gewisse individuelle Unterschiede vorhanden waren, die erst in der weiteren, zum Komplizierteren führenden Entwicklung die heutigen beträchtlichen Unterschiede zwischen den beiden Gestirnsarten zeitigten. Von diesen sind nun die Planeten unter den obwaltenden Bedingungen sehr stationäre Systeme, was hingegen für die Kometen nicht in gleicher Weise gilt; für die letzteren hat man bekanntlich nachgewiesen, daß sie teils durch zunehmende Substanzverluste mehr und mehr einschmelzen (so z. B. der Halleysche Komet u. a.), teils auch durch Auflösung in Meteorschwärme einer plötzlichen Zerstörung anheimfallen können (z. B. der Bielasche Komet). Hier läßt also, wie bei den Organismen, die Auslese die stationären, zum Komplizierteren sich fortentwickelnden Planeten fortbestehen, während sie die weniger stationären Kometen eliminiert.

Auch hinsichtlich der Vermehrung der überlebenden, besser angepaßten Organismen und hinsichtlich der Fortsetzung der fortschreitenden Veränderungen bei den Nachkommen finden wir in der unbelebten Natur Analogieen mit den Organismen. Denn wir sehen bei weiterer Ausführung des letzten Beispiels, daß die den Kometen an Stationarität überlegenen Planeten sich durch Mondbildung ebenfalls vermehren, und daß die Monde die fortschreitende Entwicklung der Planeten fortsetzen.

1) Ob in Wirklichkeit alles genau so war, wie die Kant-Laplacesche Hypothese angibt, ist für unseren Zweck gleichgültig; das Wesentliche unseres Vergleiches dürfte erhalten bleiben, auch wenn die Wirklichkeit in mancher Hinsicht anders gewesen ist.

2) Bekanntlich nimmt man mit Laplace an, daß die Kometen unseres Sonnensystems Fremdlinge in ihm seien und aus anderen Sonnensystemen in das unsere gelangt seien; doch soll nach Hoek jedes Sonnensystem neben Planeten auch Kometen hervorgebracht haben. Für unseren obigen Vergleich ist es im Prinzip gleichgültig, ob die Planeten und Kometen, die wir vergleichen, derselben Sonne oder zwei verwandten, aber individuell verschiedenen Sonnen entstammen.

Wer endlich die Gesamtwirkung von Selektion, Vermehrung und fortschreitender Variabilität als „Naturzüchtung“ im weiteren Sinne bezeichnen will, der wird also auch für diesen die Organismen auszeichnenden Vorgang Analogieen in der unbelebten Natur finden. Aber selbst wenn sich noch weitere solche Analogieen feststellen ließen, wie etwa der Zusammenstoß kosmischer Massen mit Anregungen zu neuen Entwicklungen und dergl., so hätte es doch wohl wenig Zweck, derartige nicht lebendige Vorgänge mit dem Namen der Naturzüchtung auszuzeichnen, der seine feststehende Bedeutung in der Biologie besitzt. Andererseits sollte man sich stets gegenwärtig halten, daß das Wesentliche der besprochenen organischen Prozesse auch der unbelebten Materie nicht fremd ist, daß es sich hier also um ganz allgemeine Naturgesetzmäßigkeiten handelt. Dies in das rechte Licht zu rücken, war der Zweck dieser etwas ausführlichen vergleichenden Betrachtungen.

Hervorgehoben sei noch, daß der Anteil, den die relativ konstanten äußeren Faktoren an der Selektion und Naturzüchtung haben, in der Darwinschen Selektionstheorie kaum eine Rolle spielt. Gleichwohl ist er, wie aus Obigem hervorgeht, für die Entwicklung der Organismen von größter Bedeutung.

Die fluktuierenden äußeren Faktoren und Selektion II.

Die fluktuierenden Faktoren unterscheiden sich in der Art und Weise, wie sie die Stationarität, Kompliziertheit, Variabilität etc. der lebendigen Systeme mitbestimmen, nicht erheblich von den relativ konstanten. Ihre Wirkungsweise dürfte dann noch speziell dadurch charakterisiert sein, daß wegen der größeren Mannigfaltigkeit dieser Faktoren auch der Umfang der Stationarität, Kompliziertheit und Variabilität vergrößert wird. Im besonderen wird die Stationarität, also die Anpassung an diese Faktoren, eine vielseitigere sein müssen; denn ein System, das unter erheblich wechselnden äußeren Bedingungen stationär ist, besitzt damit eine Stationarität, „Zweckmäßigkeit“ oder „Anpassung“ höheren Grades, als ein solches, das nur einem bestimmten Komplex von Bedingungen angepaßt ist und bei Änderungen derselben nicht mehr unter Beibehaltung seiner bisherigen wesentlichen Eigen-

tümlichkeiten stationär bleibt, sondern in ein ganz neues, und zwar einfacheres System mit einem viel stabileren Gleichgewichtszustand übergeht. Dadurch, daß die weniger anpassungsfähigen Individuen dies tun, wird auch gegenüber den fluktuierenden Faktoren eine Selektion Platz greifen, die zu einer Züchtung des besser Angepaßten führt; eine solche Selektion heiße Selektion II. Diese spielt auch in der Darwinschen Selektionstheorie eine freilich etwas untergeordnete Rolle, nämlich die den züchtenden Wirkungen des Klimas zugesprochene.

Bezüglich der spezielleren hier aufzuwerfenden Fragen kann auf das für Selektion I Ausgeführte verwiesen werden.

Die periodisch wirkenden äußeren Faktoren und Selektion III.

Was endlich die Wirkungsweise der periodisch wirkenden Faktoren betrifft, so sei zunächst zur Ergänzung der obigen kurzen Charakterisierung noch hinzugefügt, daß sie größtenteils für die Entstehung und Erhaltung der wesentlichen Eigenschaften der Organismen nicht unbedingt notwendig sind. Dies ergibt sich schon daraus, daß viele dieser Einwirkungen nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich beschränkt auftreten, wie heftige Stürme, große Hitze, Angriffe feindlicher Organismen usw., oder auch wie besonders günstige meteorologische Verhältnisse; daß sie daher nicht nur nicht alle Organismenarten, sondern nicht einmal alle Individuen derselben Organismenart in gleicher Weise beeinflußen. Unter solchen Umständen ist zu erwarten, daß die Erfolge der periodisch wirkenden Faktoren nicht so stetig und universell sein werden wie diejenigen der fortwährend wirkenden.

Wir befinden uns hier im Bereiche derjenigen Beziehungen zwischen den Organismen und ihrer Umgebung, die den Hauptinhalt der Darwinschen Selektionstheorie ausmachen. Denn während die kontinuierlich wirkenden Faktoren die Auslese nur im Gefolge anderer Wirkungen zeigen, besteht die Rolle dieser Faktoren ganz vorwiegend in der Auslese allein. Wir wollen die Wirkungen der nicht-lebendigen und der lebendigen Faktoren getrennt be-

sprechen; doch möge schon im voraus bemerkt werden, daß diese Wirkungen im wesentlichen unter sich übereinstimmen.

Bezüglich der periodisch wirkenden nicht-lebendigen Faktoren haben wir vor allem an mechanische, thermische, chemische usw. Schädigungen bezw. Förderungen zu denken. Diese steigern im allgemeinen in einer unten näher anzugebenden Weise die Kompliziertheit und „Zweckmäßigkeit" (Stationarität) der Organismen, indem sie die Vielseitigkeit der Anpassung erhöhen. Denn ein Organismus, der nicht nur unter dem Einfluß der kontinuierlich wirkenden Faktoren, sondern auch gegenüber den verschiedensten Schädigungen stationär ist, und auch gewisse zeitweilig sich darbietende Vorteile erfolgreich wahrzunehmen vermag, wird durch den Besitz einer größeren Anzahl verschiedenartiger Vorrichtungen im allgemeinen komplizierter und damit nach unserer Bezeichnungsweise „zweckmäßiger" erscheinen, als ein nur unter gewissen kontinuierlichen Einwirkungen existierendes System. Und dieses Ergebnis wird erreicht durch Auslese, nämlich durch die Selektion III; indem z. B. von mehreren individuell verschiedenen Vertretern einer Spezies, die von einer schädlichen Einwirkung getroffen werden, nur die im Sinne eines besseren Angepaßtseins oder einer größeren Stationarität variierenden übrig bleiben, so daß nur sie zur Fortpflanzung kommen und vermöge ihrer im selben Sinne wie bisher fortschreitenden Variabilität Nachkommen hervorbringen, die durchschnittlich noch besser angepaßt und damit im allgemeinen komplizierter und „zweckmäßiger" sind als ihre Vorfahren.

In wesentlich derselben Weise wie die unbelebten wirken auch die lebendigen periodisch wirkenden Faktoren. Diese kommen in den Einwirkungen der lebendigen Organismen aufeinander zur Geltung, wobei ein Organismus einerseits durch andere Individuen derselben Art, andererseits durch Vertreter anderer Arten in seiner Existenz behindert oder gefährdet wird; dazu gesellen sich außerdem die Förderungen, welche Individuen und Arten einander gewähren können. Von den förderlichen Faktoren sei hier die Befruchtung besonders erwähnt, ohne die eine Erhaltung aller nur geschlechtlich sich fortpflanzenden Organismen über das Individuum hinaus nicht

möglich ist. Dazu kommen ferner die gegenseitig oder einseitig vorteilhaften Einflüsse, wie sie in der Symbiose, im Parasitismus, in der Brauchbarkeit eines Organismus als Nahrungsmittel etc. gegeben sind.

Den lebendigen Faktoren müssen wir wegen der ungeheuren Zahl der Organismen und ihres im allgemeinen so engen Zusammengedrängtseins auf der Erdoberfläche den Hauptanteil an den Wirkungen der periodisch wirksamen Faktoren zuschreiben. Ihre Erfolge sind es daher auch, die in der Darwinschen Selektionstheorie die Hauptrolle spielen. Sie machen den größten Teil des „Kampfes ums Dasein" aus, eine Bezeichnung, die Darwin selbst freilich nicht nur auf den Kampf des Organismus mit lebendigen Feinden, sondern auch mit den zuvor besprochenen unbelebten schädlichen Kräften angewendet hat.

Bezüglich der Wirkungsweise der genannten Faktoren kann auf das verwiesen werden, was für die unbelebten periodisch wirksamen Kräfte ausgeführt wurde. Auch sie ermöglichen durch Selektion, mit Hilfe der Fortpflanzung und fortschreitenden Variabilität, die Erreichung des relativ Kompliziertesten und Stationärsten („Zweckmäßigsten"), ohne die Variabilität selbst direkt zu beeinflussen. Wir sehen in der genannten Kombination von Prozessen wiederum das Walten der Naturzüchtung und zwar in beträchtlichem Umfange.

In das Bereich der letzteren gehören ferner noch die wichtigen Wirkungen, die sich aus der Ermöglichung oder Verhinderung der Befruchtung ergeben. Diese ist auch eine der äußeren Bedingungen, von denen die Erhaltung gewisser Formen und Variationsrichtungen abhängt. Es handelt sich hier um ein Überleben der an die Befruchtungsbedingungen am besten Angepaßten, also auch um eine Art der Selektion. Bleibt bei obligatorisch amphigonen Organismen die Befruchtung aus, nämlich bei den an die Befruchtungsbedingungen weniger gut angepaßten Individuen (dasselbe kann freilich auch durch Situationsnachteile geschehen), so werden diese eliminiert, während die besser angepaßten, sofern sie auch im übrigen genügend stationär sind, erhalten bleiben. Eine solche Ausschaltung wird wohl größtenteils durch die „geschlechtliche Zuchtwahl" herbeigeführt.

Hinsichtlich der Rolle, welche die Amphimixis, speziell die Amphigonie in der Entwicklung des Organismenreiches spielt, ist es von Wichtigkeit zu unterscheiden, ob diese zwischen sehr ähnlichen Individuen oder zwischen verschiedenen Varietäten, Rassen oder Arten stattfindet. Auf die mannigfachen Erfolge, die sich hieraus ergeben können, sei nicht im einzelnen eingegangen. Nur möge darauf hingewiesen werden, daß, wenn durch Kreuzung verschiedener Arten ein Fortschritt in der phylogenetischen Entwicklung bewirkt wird, dies nur der, auch ohne die Amphimixis vorhandenen, fortschreitenden Variabilität eines oder beider Eltern zu verdanken ist (vergl. S. 100). Ferner ist noch der Vollständigkeit halber zu erwähnen, daß durch bestimmte Auslese für die Paarung oder durch „Kreuzungsverhinderungen", wie sie durch „geographische", „biologische" und „sexuelle" Isolationen (vergl. Plate, S. 130 ff.) bewirkt werden, bestimmte Entwicklungsrichtungen gezüchtet werden können, als deren Grundlage und „treibende Kraft" aber ebenfalls die fortschreitende Variabilität anzusehen ist.

Um die Rolle der Selektion III noch weiter klarzulegen, wollen wir hier auf die Frage eingehen, was einträte, wenn es keine solche Selektion gäbe. Diese Frage läßt sich behandeln, da die Organismen auch ohne die eine Selektion III bewirkenden Faktoren leben können, und da wir uns Bedingungen, unter denen die Selektion III ausbliebe, sehr wohl verwirklicht zu denken vermögen. Es könnten nämlich die zerstörenden Einwirkungen der unbelebten Kräfte entweder ganz fehlen oder an Orten stattfinden, wo gerade keine Organismen sind; und der Kampf der Individuen, verwandten Arten und der sonstigen lebendigen Feinde untereinander würde aufhören, wenn Raum und Nahrung[1]) unbeschränkt und für die Männchen genug Weibchen, überhaupt für alle Individuen unbegrenzte Gelegenheit zur Amphigonie gegeben wäre.

Die Folgen des Unterbleibens von Selektion III, bei normalem Fortbestehen von Selektion I und II, würden verschiedene sein bei Organismen mit und ohne Amphimixis. Unter den letzteren

1) Einige Organismen müßten freilich stets als Nahrung geopfert werden.

würden ohne Selektion III einerseits alle diejenigen ausgebildet werden, die auch beim Vorhandensein der Selektion entstehen, nämlich die relativ stationärsten, vielseitigst angepaßten; andererseits aber würden daneben auch verschiedene an die periodisch wirkenden Faktoren weniger gut angepaßte Formen auftreten. Hier bestehen also die Leistungen der Selektion III ausschließlich nur in einer Änderung der Mengenverhältnisse der mehr stationären, „zweckmäßigeren" und besser angepaßten Individuen und Arten und der weniger stationären etc. zugunsten der ersteren. Etwas wesentlich Neues erzielt die Selektion III bei den Organismen ohne Amphimixis nicht.

Für diese Fälle gilt also uneingeschränkt das, was der Botaniker K. Goebel für die Darwinsche Selektion im ganzen ausgesprochen hat: „Die Anpassungen würden bei Wegfall der natürlichen Zuchtwahl ebenso vorhanden sein wie jetzt, nur außerdem noch eine Anzahl weniger gut ausgerüsteter Formen".

Anders bei den Organismen mit Amphimixis. Hier würde ohne Selektion III, mit Einschluß der geschlechtlichen Zuchtwahl, Panmixie herrschen, die bestangepaßten Individuen würden sich nicht vorwiegend nur unter sich vermischen und daher nicht so relativ rein gezüchtet werden können, wie es nach dem Wahrscheinlichkeitsgesetz beim Eingreifen der Selektion der Fall ist. Es würden daher unter solchen Umständen die bestangepaßten Formen, welche mit Hilfe der Selektion III zustande kommen können, ohne diese Selektion III überhaupt nicht entstehen, sondern statt dessen mehr Mittelformen. Gesetzt den Fall, es würden z. B. bei einer Vogelart die Individuen mit den längeren Schnäbeln und der entsprechenden Variationsrichtung immer durch Selektion eliminiert, so würden in einem sonst nicht erreichbaren Maße und Umfang die kurzschnäbeligen Individuen in die Lage gebracht, sich möglichst immer wieder nur unter sich fortzupflanzen, und so die kürzesten Schnäbel zu erzielen, welche die fortschreitende Variabilität überhaupt gestattet. Man kann daher sagen, daß es von der Selektion III abhängt, ob die auf Grund der fortschreitenden Variabilität möglichen Gebilde auch verwirklicht werden. Damit ist aber erwiesen, daß die Selektion III in der Tat ihren Anteil an der Entstehung

neuer Formen hat, d. h. solcher, die ohne Mitwirkung dieser Selektion nicht entständen. Diese Anschauung ist freilich ziemlich weit entfernt von der Meinung der orthodoxen Darwinianer, daß durch die Selektion (III) allein die genannten Erscheinungen erklärt werden; vielmehr sei nochmals hervorgehoben, daß wir das schöpferisch wirkende Moment, welches das mehr und das minder Komplizierte und Stationäre („Zweckmäßige") hervorbringt und den periodisch wirkenden äußeren Faktoren zur Selektion darbietet, in der fortschreitenden Variabilität zu erblicken haben.

Nur dann könnten die periodisch wirkenden Faktoren einen, freilich ziemlich untergeordneten, unmittelbaren Anteil an der Erzeugung neuer Formen gewinnen, wenn sich die Änderungen, welche sie bei den Organismen erzielen, also die „erworbenen" Eigenschaften, im besonderen die „somatogenen", in nennenswertem Umfange auf die Nachkommen vererbten, was aber, wie wir oben sahen (S. 23 ff.), ebenso unwahrscheinlich wie unbewiesen ist.

Wenn wir uns fragen, ob auch die durch die periodisch wirkenden Faktoren bedingte Selektion in der unbelebten Natur ihresgleichen findet, so müssen wir auch dies im Prinzip bejahen. Um das darzutun, sei nur wieder an das Verhalten der Planeten und Kometen erinnert. Es ist bekanntlich nachgewiesen, daß die letzteren durch die Planeten sehr beträchtliche „Störungen" ihrer Bahnen erleiden können, die sie unter Umständen der Sonne so nahe bringen, daß ihr Einschmelzungsprozeß (vergl. oben S. 217) erheblich beschleunigt wird, wie das z. B. für den Brooksschen Kometen gilt. Wir können hier in der Einwirkung der Planeten und Kometen aufeinander und der daraus resultierenden Auslese einen der Einwirkung der Organismen aufeinander oder ihrem gegenseitigen „Kampf ums Dasein" ähnlichen Prozeß erblicken. Ferner sind die periodisch wiederkehrenden heftigen Einwirkungen, welche die Sonne auf die Kometen ausübt, sobald sie sich auf ihren lang-elliptischen Bahnen ihrem Perihel nähern, und welche die Einschmelzung und Auflösung der Kometen hauptsächlich verursachen, den schädigenden Einflüssen der unbelebten periodisch wirksamen Faktoren auf die Organismen zu vergleichen. Den genannten Einwirkungen halten die Planeten

im Gegensatz zu den Kometen völlig Stand, sodaß sie demnach als die „Überlebenden“ angesehen werden können.

Die Folgen der fortschreitenden Änderungen und lokalen Verschiedenheiten der äußeren Faktoren.

In den bisherigen Ausführungen ist den fortschreitenden Veränderungen der äußeren Bedingungen der Organismen absichtlich noch nicht Rechnung getragen worden. Ihre Bedeutung für die Entwicklung wird man aber nicht zu gering veranschlagen, wenn man bedenkt, was für erhebliche Veränderungen die Temperatur, die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, die Erdoberfläche usw. zum Beispiel seit der Zeit erfahren haben, wo die Erdrinde zu erstarren begann. Organismen, die in der damaligen Atmosphäre oder auch später in den ersten Meeren der Erde stationär waren, würden es gewiß in der heutigen Atmosphäre und in den heutigen Meeren nicht mehr sein. Die Erfahrung hat ja auch gezeigt, daß schon relativ geringe Verschiedenheiten der äußeren Bedingungen, wie der Feuchtigkeit, Höhenlage, Temperatur etc. die Organismen recht merklich beeinflussen können, indem sie entweder Veränderungen unter Anpassung (vergl. oben S. 212 f.) oder Aussterben bewirken.

Trotzdem darf man wohl nicht annehmen, daß durch die Fortschrittlichkeit der äußeren Faktoren die organische Entwicklung zu einer wesentlich anderen werde, als es ohne sie der Fall gewesen wäre. Im besonderen ist die schon oben bekämpfte Ansicht abzulehnen, daß etwa das Fortschrittliche in der Variabilität oder überhaupt in der Entwicklung der Organismen vorzugsweise von den äußeren Faktoren ausgehe. Es sei nochmals an das ausschlaggebende Moment der Entwicklungsfähigkeit der Organismen erinnert, die bei Systemen, denen sie fehlt, selbst durch die fortschrittlichsten äußeren Bedingungen nicht ersetzt werden könnte. Zudem haben sich doch ohne Frage in Zeitabschnitten, in denen die phylogenetische Entwicklung sehr merkliche Fortschritte gemacht hat, die äußeren Faktoren durchaus nicht im gleichen Maße fortschreitend verändert: Im Vergleich z. B. zu dem Fortschritt, den die Organismenwelt im Verlauf der mesozoischen Periode durch-

gemacht hat, dürften die gleichzeitigen klimatischen und sonstigen Änderungen der Außenwelt doch relativ geringfügig sein.

Wir werden daher den fortschreitenden Änderungen der äußeren Faktoren keine andere Bedeutung für die phylogenetische Entwicklung zusprechen, als daß durch sie die direkte und indirekte Anpassung mit der Zeit entsprechend ein wenig modifiziert wurden, da ja, wie wir sahen, die Kompliziertheit, Stationarität, Variabilität und Selektion von der jeweiligen Beschaffenheit der äußeren Faktoren abhängen.

Hier ist auch noch der Folgen des oben erwähnten Umstandes zu gedenken, daß die äußeren Bedingungen der Organismen im allgemeinen an verschiedenen Punkten der Erde verschieden sind. Daraus ergeben sich selbstverständlich mannigfache Komplikationen des oben geschilderten Verlaufs der Gesamtentwicklung der Organismen; das wesentliche derselben, wie es bisher charakterisiert wurde, kann dadurch freilich nicht geändert werden, was wohl keiner näheren Ausführung bedarf.

Die Folgen des genannten Umstandes werden, um nur Einiges anzudeuten, in besonders prägnanter Weise darin zur Geltung kommen, daß einerseits die fortschreitende Variabilität eines und desselben Organismus an verschiedenen Orten unter Einwirkung der ungleichen äußeren Faktoren sich mehr oder minder verschieden gestalten wird, und daß andererseits die Selektionswirkungen entsprechend verschiedene sein werden. Es wird ferner einen Unterschied machen, ob die Abkömmlinge der durch die verschiedene Lokalisierung „gespaltenen“ Formen dauernd „geographisch“ isoliert bleiben, ob sie einer Kreuzungsverhinderung durch „biologische“ oder „sexuelle“ Isolierung unterliegen oder der einer Züchtung weniger, bestimmter Entwicklungsrichtungen entgegen wirkenden Panmixie. Gewiß werden die angedeuteten Umstände für manche spezielleren Erklärungen berücksichtigt werden müssen; zu den Hauptfaktoren der Entwicklung wird man sie aber keineswegs zu zählen haben.

Zusammenfassender Überblick über die Selektion, ihr Wesen, ihre Wirkungsweise und Bedeutung.

Mit Rücksicht auf die angesehene Rolle, die das Selektionsprinzip in der Deszendenztheorie spielt, sei hier noch eine kurze Skizze dessen gegeben, was nach den obigen Ausführungen für seine Beurteilung von Wichtigkeit erscheint.

Wir sahen zunächst, daß der gesamte organische Selektionsprozeß aus drei Komponenten zusammengesetzt ist: Erstens den Wirkungen der relativ konstanten äußeren Faktoren, nämlich der Selektion I, zweitens denjenigen der fluktuierenden Faktoren, nämlich der Selektion II, und drittens den Erfolgen der periodisch wirkenden Faktoren, nämlich der Selektion III; hinsichtlich der letzteren könnte man noch die durch unbelebte Faktoren erzielte Auslese als Selektion III a von der durch lebendige Feinde und Freunde bedingten Selektion III b auszeichnen. Von diesen Komponenten ist die Selektion I in der Darwinschen Theorie nicht berücksichtigt, die Selektion II wird nur gestreift, während die Selektion III als Selektion schlechthin fast ausschließlich in Betracht gezogen wird.

Für alle drei Komponenten des gesamten vielseitigen Selektionsprozesses ergab sich die wichtige Feststellung, daß sie auch bei Vorgängen in der nicht-lebendigen Natur vorkommen und offenbar der Ausdruck einer für alle materiellen Systeme geltenden allgemeinen Naturgesetzmäßigkeit sind. Es liegt daher ein schwerer Irrtum bei denjenigen Forschern vor, die das Selektionsprinzip aus der Reihe der deszendenztheoretischen Erklärungsmittel überhaupt glauben streichen zu dürfen.

Besonders verfehlt ist deshalb auch die häufig wiederholte Behauptung, daß das Selektionsprinzip auf den „Zufall" gegründet sei. Zwar werden die Vertreter dieser Ansicht vielleicht die Selektion I und II nicht mit dem gleichen Prädikat belegen wollen; da man es sonst auch als „Zufall" bezeichnen müßte, daß in einem Sonnensystem neben den minder stationären Kometen auch die mehr stationären Planeten entstehen, daß überhaupt überall in der Natur neben zahllosen verschiedenartigen wenig oder nicht stationären und stabilen Gebilden auch solche von beträchtlicher Stationarität und Stabilität auf-

treten. Aber auch die Selektion III als „Zufall" zu bezeichnen, ist sinnlos; denn es ist auf Grund der allgemeinen Naturgesetzlichkeit nicht anders zu erwarten, als daß unter den Bedingungen, welche die Organismen einander bereiten (vergl. später S. 230ff.), eine Auslese stattfindet, ebenso wie das z. B. für die „Störungen" der Kometen durch die Planeten und die dadurch beschleunigten Einschmelzungsprozesse der ersteren gilt.

Desgleichen bedarf es nach dieser Besprechung der Selektion sowie nach den obigen Darlegungen über das Wesen der Zweckmäßigkeit wohl keiner besonderen Widerlegung der immer wieder auftauchenden irrtümlichen Anschauung, das Selektionsprinzip sei ein teleologisches, nicht auf „wertfreier Betrachtung" (Rickert) beruhendes, oder wie man sich sonst ausgedrückt hat.

Von den einzelnen Komponenten der Selektion hat jede ihre eigene Wirkungsweise:

Selektion I wird durch äußere Faktoren bedingt, die für das Leben der Organismen unentbehrlich sind, indem sie an ihrer Ausgestaltung und ihren Prozessen integrierenden Anteil nehmen. Will man die Wirkung dieser Faktoren auch als diejenige der Selektion ansprechen, so muß man diese als schöpferisch beteiligt bezeichnen an der Zunahme der Stationarität („Zweckmäßigkeit") und Komplikation der Organismen und damit an der stetigen Neugestaltung ihrer „Anpassung", die auf diese Weise trotz den vorwiegend inneren Gründen der fortschreitenden Variabilität dauernd gesichert ist. Freilich wird die Selektion I, je nach der Art der fortschreitenden Variabilität (vergl. oben S. 47 ff.), verschieden schwer ins Gewicht fallen. Diese Selektionskomponente hätte Darwin mit mehr Recht als die Selektion III für die „Entstehung der Anpassungen" und „Arten" mitverantwortlich machen können. Doch sei hier wiederum daran erinnert, daß der Hauptfaktor der Artentstehung die aus inneren Gründen fortschreitende Variabilität ist.

Für die Selektion II gilt im wesentlichen das gleiche wie für Selektion I. Im übrigen sei auf das S. 218f. Dargelegte verwiesen.

Der Selektion III endlich, der Darwinschen Selektion, möchte ich die wenigst eingreifende Rolle unter den drei Komponenten zu-

sprechen. Denn man kann sich, wie schon oben angedeutet wurde, sehr leicht Bedingungen denken, unter denen sie außer Tätigkeit gesetzt wird, und es scheint mir naheliegend, sich vorzustellen, daß unter solchen Umständen, bei Anwesenheit der beiden anderen Komponenten, die organische Entwicklung im ganzen nicht wesentlich anders verlaufen wäre, als unter der Mitwirkung von Selektion III. Das gilt besonders für die Organismen ohne Amphimixis, bei denen die Leistungen der Selektion III ausschließlich in der Ausmerzung einiger weniger gut angepaßten, d. h. hier hauptsächlich: gegen Feinde weniger gut geschützten, Formen besteht. Diese wichtige Mitentscheidung über die Erhaltung bezw. Vernichtung von Formen hat die Selektion III ferner auch gegenüber den Organismen mit Amphimixis; und es darf nicht verkannt werden, daß diese Selektion III, zumal durch ihre Komponente der „geschlechtlichen Auslese", in diesen Fällen mittelbar auch an der Entstehung neuer Formen, und zwar gerade der vielseitigst angepaßten, ihren unzweifelhaften Anteil hat.

Mir scheinen daher Bemerkungen wie diejenige G. Pfeffers, daß die „künstliche Zuchtwahl zum Leben, die natürliche zum Sterben auswähle", oder die von De Vries, „daß Arten durch die natürliche Auslese nicht entstehen, sondern vergehen" und ähnliche, denen man jetzt häufig begegnet, nicht den wirklichen Sachverhalt zu treffen, was auch Plate schon geäußert hat. Nur soviel darf man sagen, daß den Hauptanteil an der Erzeugung der Arten, wie auch im speziellen der Anpassungen, die in erster Linie schöpferisch wirkende fortschreitende Variabilität besitzt nebst der in ihrem Gefolge befindlichen Selektion I und II, bezw. den diese bewirkenden äußeren Faktoren.

Da somit das Vorhandensein der Selektion mit ihren drei Komponenten nicht bezweifelt werden kann, so muß die Diskussion über dieselbe auf die Frage beschränkt werden: In welchem Umfange wirkt die Selektion, bezw. ihre drei Komponenten, und bei welchen Erscheinungen macht sich ihr Eingreifen besonders bemerkbar?

Die Beantwortung dieser Fragen hat mit erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen. Eine sehr wesentliche liegt darin, daß wir noch

gar nicht wissen, was die fortschreitende Variabilität an sich, ohne die Mitwirkung der Selektion, zu leisten vermöchte. Dazu kommen als weiteres erschwerendes Moment die engen Beziehungen der Variabilität zu Selektion I und II, bezw. den diese bewirkenden äußeren Faktoren. Am ehesten wird man sich vielleicht noch von den Erfolgen der Selektion III eine Vorstellung machen können, da man die Umstände, unter denen sie in Wirksamkeit tritt, wenigstens teilweise im großen und ganzen zu übersehen vermag.

Freilich gehen auch unter den Sachkundigen die Ansichten über die Tragweite der Selektion III beträchtlich auseinander. Zweifellos scheint es, daß Darwin dieselbe überschätzt hat, wie das heute noch Weismann, Haeckel und viele anderen Biologen tun. Dies kommt wohl hauptsächlich daher, daß ihnen bei ihrer Annahme einer „allseitigen", „richtungslosen" Variabilität das fortschrittliche Moment der letzteren entgangen ist, welches sie deshalb auf die Selektion (III) übertragen haben. Demgegenüber dürften diejenigen, die der Selektion (III) nur eine ganz untergeordnete, nebensächliche Rolle bei der Ausgestaltung des heutigen Organismenreiches zuerteilen, in das andere Extrem verfallen sein.

Zu einer angemessenen Vorstellung von der Rolle der Selektion III werden wir am ehesten gelangen, wenn wir unter gebührender Berücksichtigung der Leistungen der fortschreitenden Variabilität und der Selektion I und II die Bedingungen abwägen, unter denen eine Selektion III stattfinden muß, und wenn wir uns überlegen, welche Beschaffenheit diejenigen Merkmale der Organismen haben müssen, für deren Entstehung wir berechtigt sind, eine Mitwirkung der Selektion III anzunehmen.

Eine Selektion III muß offenbar unter der folgenden Bedingung eintreten: Wenn einerseits eine so große Menge von Organismen vorhanden ist, daß sie wegen Mangel an Raum, Nahrung und Gelegenheit zur Amphimixis bezw. Amphigonie nur zum Teil am Leben bleiben und sich vermehren können; und wenn andererseits die verschiedenen Organismen verschiedene Grade von Widerstandsfähigkeit gegen die gesamten schädlichen Einwirkungen der belebten und unbelebten Umgebung aufweisen, und wenn sie ferner verschieden be-

fähigt sind, etwaige äußere Vorteile auszunutzen und Amphimixis zu erwirken, d. h. ganz allgemein, wenn sie verschiedene Stationarität besitzen. Dieses alles aber kommt in Wirklichkeit zweifellos vor: In ersterer Hinsicht ist nur an das äußerst dichte Zusammengedrängtsein der Organismen auf der Erdoberfläche zu erinnern, ferner an den Geburtenüberschuß der meisten Arten und an die Tatsache, daß fortwährend unzählige Organismen eines gewaltsamen Todes sterben; bezüglich des andern Punktes ist es ebenfalls sicher, daß nicht nur verschiedene Arten, sondern auch verschiedene Individuen derselben Art ungleiche Grade von Stationarität in dem vorhin näher bezeichneten Sinne besitzen. Daß aber diese verschiedene Stationarität es ist, welche im wesentlichen den Verlauf der Selektion III bestimmt, und nicht die gewiß auch öfters ausschlaggebenden Situationsvorteile oder -nachteile, dies lehrt die Wahrscheinlichkeitsberechnung.

Suchen wir nach den charakteristischen Merkmalen der Organismen, die auf die Selektion III hinweisen, so werden wir erwarten, diese gerade in den Anpassungen an die verschiedenen periodisch wirkenden Faktoren zu finden. Sie sind vorwiegend durch ganz spezielle und häufig sehr komplizierte Einrichtungen ausgezeichnet, die in augenfälliger Weise je auf ganz bestimmte lebendige und unbelebte Feinde und Freunde Rücksicht nehmen. Es seien von der großen Fülle der hierher gehörigen Merkmale und Gruppen von solchen nur die folgenden andeutungsweise hervorgehoben:

Erstens Eigenschaften der Organismen, die ihre Auffindung durch Feinde, denen sie als Nahrung dienen, durch täuschende Nachahmung von Umgebungsbestandteilen erschweren (Mimikry im weiteren Sinne); von solchen sind zu nennen einerseits die Schutz- (oder sympathischen) Färbungen und -Zeichnungen, infolge deren die betreffenden Organismen sich von ihrer Umgebung nur wenig abheben; andererseits gehört hierher die Nachahmung von Pflanzenteilen durch Organismen, wodurch diese entweder etwaigen Feinden entgehen oder auch andere Organismen anlocken, um sie zu verzehren.

Zweitens seien erwähnt Eigenschaften der Organismen, durch welche zur Abschreckung etwaiger Angreifer solche Organismen

anderer Art nachgeahmt werden, die wegen üblen Geruchs oder Geschmacks „immun“ oder wegen gefährlicher Waffen gefürchtet sind. Das ist also die bekannte Mimikry (im engeren Sinne).

Drittens ist derjenigen unter den komplizierten „harmonischen Anpassungen“ oder „Koadaptationen“ (vergl. S. 161 ff.) zu gedenken, die der Herbeiführung der Amphimixis und der Fortpflanzung dienen; nämlich der Anpassungen der Blumen an die Bestäubung durch Insekten, der Anpassung der wohlschmeckenden und auffallenden Früchte an die Verbreitung durch Vögel und Säugetiere und der gegenseitigen Anpassung der männlichen und weiblichen Sexualorgane.

Viertens seien genannt gewisse Schutzvorrichtungen (besonders der Pflanzen) gegen mechanische Schädigungen durch starken Regen und Wind, gegen Austrocknung, übermäßige Belichtung und dergl.

Endlich die gegenseitige Anpassung der in Symbiose lebenden Tiere und Pflanzen. Es möge hier nur an eines der wunderbarsten Beispiele einer solchen erinnert werden, nämlich an die Symbiose der südamerikanischen Armläuchterbäume mit gewissen Ameisen, die jenen als Schutz gegen die „Blattschneiderameisen“ dienen (sog. lebendige Ameisennester). Beiläufig sei hier aber bemerkt, daß manche Fälle von Symbiose nicht Anpassungen an periodisch wirkende, sondern an kontinuierlich wirkende äußere Faktoren darstellen.

Es ließen sich noch viele weitere Gruppen von Anpassungen der Organismen an periodisch wirkende äußere Faktoren anführen; und wenn man ins einzelne geht, so stellt sich heraus, daß es kaum einen Organismus geben dürfte, dem solche völlig fehlen. Eine Fülle interessanter Einzelheiten über diese Erscheinungen in anschaulicher Darstellung findet man in dem neuesten Werke Weismanns (b), desgleichen auch in einer kürzeren übersichtlichen Schilderung in dem bekannten schönen Buche von Carus Sterne: „Werden und Vergehen“.

Überblicken wir diese Anpassungen der Organismen an die periodisch wirkenden äußeren Faktoren, so finden wir, daß sie einerseits von größter Mannigfaltigkeit und äußerst verbreitet sind, und nicht

etwa nur ausnahmsweise oder „zufällig" einmal auftreten, und daß sie andererseits, besonders in den komplizierteren Fällen, eine wunderbare Harmonie zeigen. Diesen Tatsachen gegenüber bleibt unserer Beurteilung nur die Wahl zwischen den folgenden beiden Anschauungen: Entweder hat die fortschreitende Variabilität von jeher ausschließlich nur so speziell angepaßte Formen geliefert, was etwa der Annahme einer „prästabilierten Harmonie" gleichkäme, oder es sind von einer größeren Menge von Formen, unter denen auch viele der Umgebung nicht entsprechende waren, nur die mit den betreffenden äußeren Faktoren korrespondierenden übrig geblieben und von eben diesen Faktoren weiter gezüchtet worden. Daß die letztere Vorstellung nicht nur ungemein nahe liegt, sondern auch allein als wissenschaftliche Erklärung in Betracht kommt, bedarf wohl keines weiteren Wortes. Für das Nähere sei auf die fein durchdachten Ausführungen Weismanns über diesen Gegenstand verwiesen (b, Bd. I); daß hier manches als Anpassung auf Grund von Selektion III aufgefaßt wird, was vielleicht keine ist, dürfte nebensächlich sein. Jedenfalls aber gehört ein beträchtliches Maß von Voreingenommenheit oder Verblendung dazu, angesichts dieses großen und wohlgesichteten Tatsachenmaterials es unzutreffend oder unwahrscheinlich zu finden, daß die Selektion III in dem oben erläuterten Sinne an der feineren Herausarbeitung der erwähnten Anpassungen mitgewirkt habe und mitwirke. Man möchte sogar sagen, es sei kaum vorstellbar, wie unter den betreffenden Bedingungen die Selektion III die ihr zugesprochene Rolle zu spielen unterlassen könnte.

Diese Anschauung wird nicht durch den Umstand angefochten, daß man die Naturzüchtung nicht direkt demonstrieren oder experimentell beweisen kann, was, wie Weismann, Plate und Andere treffend ausgeführt haben, der Natur der Sache nach nun einmal nicht möglich ist. Wir dürfen uns daher in dieser Hinsicht völlig damit begnügen, daß die Ergebnisse der organischen Entwicklung unserer Vorstellung von den Wirkungen der Naturzüchtung durchaus entsprechen. Es könnte mithin nur der Nachweis eines Widerspruches und nicht der Mangel experimenteller Beweise den Kritikern des

Darwinismus die Berechtigung verleihen, der Selektion III, wie auch der Selektion I und II, den bezeichneten Anteil an der Ausgestaltung der heutigen Organismenwelt abzuerkennen.

Lösungsversuche einiger speziellerer Entwicklungsprobleme auf Grund der dargelegten Theorie.

Nachdem für die allgemeineren Entwicklungsprobleme, wie das der Zweckmäßigkeit oder Stationarität, der fortschreitenden Variabilität oder phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit, der Anpassungsfähigkeit, der Entwicklung, der Anpassung (auch bei einer fortschreitenden Variabilität aus „inneren" Gründen) und der Selektion im Prinzip die Möglichkeit einer einheitlichen Erklärung dargetan worden ist, wollen wir jetzt auf einzelne dieser Probleme noch etwas näher eingehen und auch für einige speziellere Probleme eine wenigstens prinzipielle Lösung an der Hand der skizzierten allgemeinen Theorie versuchen. Von solchen Problemen sei gedacht des phylogenetischen Stehenbleibens der „konservativen" Formen (S. 169), des phylogenetischen Aussterbens von Arten und Gattungen (S. 169), der Entwicklung der außerordentlichen Fülle der verschiedenen kompliziertesten Eigenschaften der Organismen, im besonderen auch ihrer nicht zweckmäßigen Einrichtungen, und einiger sonstiger phylogenetischer und ontogenetischer, besonders die Vererbung betreffender, Fragen.

Überblick über das Zustandekommen des Fortschritts in der organischen Entwicklung.

Zunächst sei über die schon in der allgemeinen Theorie aufgeführten Ursachen des Fortschritts der organischen Entwicklung noch ein kurzer Überblick gegeben:

Wir sahen, daß unter den Systemen, die sich unter den angenommenen Voraussetzungen aus der Ursubstanz entwickeln mußten, auch solche mit einer vom Einfacheren zum Komplizierteren gerichteten Entwicklung zu erwarten sind, wie sie eben die Organismen darbieten. Und ferner fanden wir, daß hierbei innere und äußere Faktoren in bestimmter Weise zusammenwirken.

Unter den inneren Entwicklungsfaktoren stellten wir als hauptsächlich „treibende Kraft“ die freilich auch von äußeren Faktoren abhängige fortschreitende Variabilität fest. Über die Art und Weise, wie sich diese bei den Organismen mit Keimsubstanz und Soma in diesen beiden Teilen äußert, ist ebenfalls oben die Rede gewesen.

Von den die Stammesentwicklung der Organismen in verschiedener Hinsicht mitbestimmenden äußeren Faktoren wurden die relativ konstanten, die fluktuierenden und die periodisch wirkenden namhaft gemacht. Und für die fortschrittliche Wirkung dieser Faktoren ist es zugleich von Bedeutung, daß sie sich selbst langsam fortschreitend verändern und daß sie an verschiedenen Punkten der Erde im allgemeinen verschieden beschaffen sind.

Wie schon erwähnt, sind die Wirkungen dieser äußeren Faktoren, die zum Fortschritt der organischen Entwicklung beitragen, verschiedener Art. Teils sind es direkte, insofern sie das Charakteristische der fortschreitenden Variabilität mitbestimmen, teils sind es indirekte, welche durch die der Panmixie entgegenarbeitende Naturzüchtung dargestellt werden. Die letztere setzt sich zusammen aus den Erfolgen erstens der Selektion (I, II und III) der im allgemeinen bestangepaßten Formen, ferner aus denjenigen der geschlechtlichen Zuchtwahl der an die Befruchtungsbedingungen bestangepaßten Individuen, und endlich aus den Wirkungen der durch geographische, biologische und sexuelle Isolation bedingten züchtenden Auslese. Hierbei ist zu bedenken, daß diese dreierlei Wirkungen aufs Innigste miteinander verflochten sind.

Die Ausbildung der „konservativen“ Formen.

Angesichts dieser Fülle der fortschrittlich wirkenden Faktoren erscheint die Tatsache überraschend, daß manche Organismenformen im Laufe unermeßlich langer Zeiträume fast gar keine phyletischen Veränderungen durchgemacht haben, sondern fast unverändert auf irgend einem phylogenetischen Entwicklungsstandpunkt stehen geblieben sind. Auf die Frage, wie sich solche „konservative“ Formen im großen Entwicklungsstrome der Organismen heraus-

bilden und erhalten konnten (vergl. S. 169), ergibt sich aus unserer Theorie folgende Antwort:

Nach ihren Voraussetzungen haben wir ohne weiteres zu erwarten, daß sich aus der Ursubstanz Systeme in allen Graden der Stabilität und Stationarität entwickeln müssen, und zwar solche, die ihre relativen Endzustände rasch, und solche, die sie nur in sehr langsam fortschreitenden Entwicklungen erreichen. Danach sind die „konservativen" Organismenformen solche Systeme, die ihren stationären relativen Endzustand verhältnismäßig rasch erreicht haben. Das Verständnis für die genannten Formen ist also im wesentlichen nicht schwieriger als dasjenige für solche, deren stationärer oder stabiler Zustand in spätere Zeiten fällt.

Unter den Faktoren, die den „Konservativismus" von Organismen bestimmen, stehen offenbar die inneren in erster Reihe; wir haben an ein Versiegen der fortschreitenden Variabilität aus inneren Gründen zu denken. Bezüglich der äußeren Bedingungen dürfen wir wohl annehmen, daß sie an den Orten, wo sich die konservativen Arten gehalten haben, keine sehr erheblichen Änderungen erfuhren. Anderenfalls sollte man eine entsprechende Reaktion des Organismus erwarten; diese wird entweder darin bestehen, daß die betreffende Form sich nicht anzupassen vermag und ausstirbt, falls sie nicht auswandern kann; oder daß sie sich anpaßt, wobei sie aber, wenn wirklich die äußeren Änderungen erhebliche sind, sich auch voraussichtlich nicht unerheblich ändern, also ihren konservativen Charakter mehr oder weniger aufgeben wird. Völlig unveränderliche äußere Bedingungen wird nun freilich auf die Dauer kein Organismus finden, auch nicht in den großen Meerestiefen, wo dies, selbst innerhalb längerer Zeiträume, noch am ehesten der Fall sein dürfte, und wo vielleicht deshalb besonders typische Vertreter des organischen Konservativismus anzutreffen sind.

Veränderlicher als in den Tiefen des Meeres sind wohl die äußeren Bedingungen in den flacheren Gewässern und auf dem Festlande; wenn sich hier gleichwohl auch relativ konservative Formen vorfinden, so deutet das besonders nachdrücklich auf die Bedeutung der inneren Gründe für das Stehenbleiben der Stammesentwicklung

hin. Da es aber nicht wahrscheinlich ist, daß die Änderungen der äußeren Faktoren ganz spurlos an den gedachten Organismen vorübergegangen sind, so dürfen wir uns vorstellen, daß die konservativen Formen doch auch in gewissen, obschon verhältnismäßig geringen Änderungen begriffen sind; derart, daß z. B. vielleicht keines der heutigen Protisten noch seinen Vorfahren im Anfang der paläozoischen Zeit gleicht, indem sie alle bereits durch, wenn auch kleine, Nebenäste des großen Organismenstammbaumes (oder der Stammbäume) dargestellt werden.

Vielleicht sind ein paar Worte darüber am Platze, wie man sich das Konservativ-Werden bei den Organismen mit Keimsubstanz und Soma zu denken habe. Die zu der weitgehenden Stationarität führenden Änderungen betreffen selbstverständlich in erster Linie die für die Entwicklung des Soma maßgebende Keimsubstanz. Und aus dem Umstande, daß die aufeinanderfolgenden Generationen von Keimsubstanz sich fast völlig gleichbleiben, folgt dann, daß auch die nacheinander aus den letzteren hervorgehenden Somata sich so wenig voneinander unterscheiden.

Das phyletische Aussterben von Arten und Gattungen.

Ganz analoge Ursachen, wie die oben dargelegten, sind zum Teil offenbar auch für das Aussterben und Erlöschen von Lebensformen namhaft zu machen, für welches uns die Paläontologie ja so viele Beispiele liefert. Nach unserer Entwicklungshypothese läßt sich ein natürliches Erlöschen von Arten als Ausdruck einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit von vornherein erwarten. Solche aussterbende Organismen gehören in die Kategorie derjenigen Systeme, die nach einem länger dauernden stationären Zustande infolge langsam fortschreitender Änderungen endlich in einen relativ stabilen Zustand (Tod) übergehen; ein Schicksal, dem, vorwiegend aus inneren Gründen, mit der Zeit wohl noch manche Organismenart verfallen wird, trotz der „verjüngenden“ Wirkung der Amphimixis (vergl. S. 176 f.).

Eine ganz analoge Erscheinung gewährt uns ja auch der „natürliche“ Tod des Individuums, der den relativ stabilen Endzustand

darstellt, in den der langsam fortschreitend veränderliche, stationäre Vorgang der ontogenetischen Entwicklung ausmündet. Im wesentlichen den gleichen Prozeß, wie wir ihn hier am Soma beobachten, haben wir uns nun, nur in sehr viel langsamerem Tempo, bei den Organismen mit Keimsubstanz in der letzteren verlaufend zu denken.

Wie sich dieses phylogenetische natürliche Aussterben einer Keimsubstanz äußert, darüber vermögen wir freilich kaum Vermutungen zu hegen. Es könnte sein, daß die Bildung der Keimzellen einer solchen altersschwachen Art nachließe, oder ihre Befruchtungsfähigkeit, ontogenetische Entwicklungsfähigkeit etc. Dieses Erlöschen der Keimsubstanz wäre denkbar, ohne daß die letzten Somata, die noch zur Entwicklung gelangen, besonders abnorm sein würden; ebensowohl aber könnte auch die Altersschwäche der Keimsubstanz in den letzten Generationen von entwickelten Individuen der aussterbenden Art zum Ausdruck kommen.

Zur Erklärung der wunderbaren Komplikation und Mannigfaltigkeit des organischen Lebens.

Nachdem oben gezeigt wurde, wie sich mit Hilfe unserer Theorie der Fortschritt der organischen Entwicklung vom Einfacheren zum Komplizierteren im allgemeinen verständlich machen läßt, müssen wir doch noch fragen, ob auf dem angegebenen Wege auch die große Fülle der außerordentlich komplizierten Organismen, mit ihren zahlreichen teils zweckmäßigen teils auch indifferenten und schädlichen Eigenschaften, genügend erklärt werden könne?

Wir wollen uns bei unseren Erklärungsversuchen im wesentlichen auf die komplizierteren Fälle beschränken, nämlich auf die Entwicklung der höheren aus Keimsubstanz und Soma bestehenden Organismen. Hier zerfällt das vorliegende Problem dann in zwei Fragen, nämlich:

Wie hat sich die ungeheure Fülle aller der verschiedenen Keimsubstanzen gebildet, d. h. phylogenetisch entwickelt, die je durch die Fähigkeit ausgezeichnet sind, unter gewissen Bedingungen die gedachten komplizierten Organismen-Somata auf dem Wege der Ontogenese aus sich hervorgehen zu lassen?

Und wie haben sich alle diese verschiedenen komplizierten Somata, die den phylogenetischen Fortschritt der Keimsubstanz erst sichtbar machen, bei der ontogenetischen Entwicklung aus den zugehörigen Keimsubstanzen herausgebildet?

Für die Darstellung ist es zweckmäßig, bei der Erklärung der komplizierteren Eigenschaften an den fertigen Organismus anzuknüpfen; das für ihn Auszuführende gilt ja im wesentlichen auch für die Keimsubstanz, die alle jene komplizierten, im besonderen alle jene zweckmäßigen, Eigenschaften in der Anlage, also potentia, auch schon enthält, so daß man in dieser Hinsicht Keimsubstanz und Soma sich gleichsetzen kann. Für die vollständige Erklärung der Phylogenie des letzteren kommt dann noch die Erklärung seiner Ontogenie hinzu.

Unter den komplizierten, hochentwickelten Eigenschaften des Organismus haben wir, wie bereits oben besprochen wurde, nach der üblichen Einteilung einerseits die „zweckmäßigen", also die angeblich nach der Darwinschen Theorie erklärbaren, und andererseits die dieser Theorie gegenüber so besonders spröden „nicht-zweckmäßigen" Eigenschaften zu nennen.

Unter den ersteren stellen diejenigen, welche den höchsten Grad der Kompliziertheit aufweisen, selbstverständlich auch die meisten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Theorie. Hier, wenn wir an den äußerst mannigfaltigen Aufbau eines höheren Organismus mit allen seinen harmonisch zusammenwirkenden Organen, wenn wir an die Koadaptationen, an die zum Teil so wunderbaren Regenerationen und sonstigen Regulationen, wenn wir endlich an die höchsten geistigen Fähigkeiten denken, wie an die planvolle Durchführung einer wissenschaftlichen Untersuchung, die Schöpfung eines Kunstwerkes oder die theoretische und praktische Lösung eines schwierigen technischen Problems, so ist es besonders nötig, die Hauptprinzipien unserer Theorie (vergl. S. 189ff.) lebhaft zu erfassen und konsequent anzuwenden.

Es liegt auf der Hand, daß auch unter der großen Menge der oben zusammengestellten nicht-zweckmäßigen Eigenschaften ebenfalls die komplizierteren im besonderen Maße beachtet werden müssen;

darunter vor allem auch diejenigen, welche in bestimmter Richtung und im Sinne einer zunehmenden Komplikation fortschreitende Änderungen zeigen, ganz analog dem Verhalten der zweckmäßigen Eigenschaften. Für die Beurteilung der eben genannten, wie überhaupt aller nicht-zweckmäßigen Eigenschaften, ist der Umstand von größter Bedeutung, daß zahllose Übergänge zwischen zweckmäßigen und nicht-zweckmäßigen, nützlichen und nicht-nützlichen Eigenschaften der Organismen bestehen, d. h. also zwischen denjenigen Eigenschaften, welche die Stationarität des Organismus in hohem Maße bestimmen, und denen, die für sie gleichgültig oder störend sind. Es ist daher von vornherein nicht einleuchtend, diese beiden Gruppen von Eigenschaften so scharf voneinander zu trennen und für sie so verschiedene Erklärungen zu geben, wie es der Darwinismus und die meisten an ihn anknüpfenden Lehren tun. Vielmehr empfiehlt es sich, für alle Entwicklungsprozesse des Organismus, für die phylogenetischen und für die ontogenetischen, wie überhaupt für die Bildung aller materiellen und psycho-physischen Systeme, ein gemeinsames, einheitliches Erklärungsprinzip zu suchen, wie es etwa in der vorgetragenen Entwicklungstheorie enthalten ist.

Wenn man auf dem Boden dieser Theorie der ungeheuren Mannigfaltigkeit der komplizierten organischen Gestaltungen und Prozesse gerecht werden will, so muß man sich vor allem von dem althergebrachten Vorurteil frei machen, in den relativ geringen Mannigfaltigkeiten der unbelebten Systeme das Maß zu sehen für die Beurteilung der fast unendlichen Mannigfaltigkeiten der Organismen. Auf diesen Punkt möchte ich den allergrößten Wert legen. Gehen wir nämlich bei der Auffassung der Organismen zu engherzig und einseitig von der Chemie und Physik der unbelebten Materie aus, so kann es uns wohl befremdlich erscheinen, daß dieselbe Materie, welche die relativ wenig zahlreichen und wenig mannigfaltigen unbelebten Naturkörper geliefert hat, imstande sei, von selbst ohne weiteres auch die unermeßlich zahlreichen, fast bis zu den denkbar höchsten Mannigfaltigkeiten aufsteigenden lebendigen Organismen aus sich hervorgehen zu lassen. Um diese Situation zu vermeiden, müssen wir bei den lebendigen Organismen nach-

forschen, wenn wir wissen wollen, was alles die psycho-physische Substanz aus sich selbst zu machen vermag. Und wie etwa der anorganische Chemiker die seinem Reiche angehörigen Naturkörper in ihre Elementarbestandteile zerlegt und aus ihren gesetzmäßigen Kombinationen diese Körper, ihre Erscheinungen und Prozesse rekonstruiert, so wird der Biologe nur aus der Analyse der zahlreichen hochkomplizierten lebendigen Organismen die richtige Vorstellung gewinnen für die Zahl der Elementarbestandteile und ihrer Verbindungsmöglichkeiten, über die er bei seinen Erklärungsversuchen verfügen darf.

Stellen wir uns mit vollem Bewußtsein auf diesen Standpunkt, so werden wir über die Zahl und Kompliziertheit der Organismen nicht mehr erstaunt sein, als der heutige Chemiker über die Zahl und die schon recht weitgehenden Mannigfaltigkeiten der bekannten und theoretisch möglichen organischen Verbindungen, die für die Chemiker früherer Zeiten wohl auch die Grenze des Denkbaren überschritten haben würden.

Diese Überlegungen sind es vor allem, welche die oben gemachten Voraussetzungen (S. 189 ff.) empfehlen, auf Grund deren es uns nicht mehr unwahrscheinlich vorkommt, daß selbst so hochgradig „zweckmäßige“ Systeme aus der psycho-physischen Substanz von selbst entstanden, d. h. also Systeme, die bei größter Kompliziertheit eine so bedeutende Stationarität besitzen, wie sie in ihrer vollendetsten Ausbildung die höheren Tiere und besonders der Mensch darbieten, durch den Besitz der wunderbaren regulatorischen und der höchsten geistigen Fähigkeiten.

Um auch der nicht-zweckmäßigen Eigenschaften noch einmal gesondert zu gedenken, so sei ausdrücklich betont, daß diese von der Darwinschen Selektionstheorie etwas stiefmütterlich behandelten Erscheinungen von meinem Standpunkt aus der Erklärung durchaus keine Schwierigkeiten bereiten; das gilt besonders auch für die unübersehbare Menge der oben angeführten Kreis-, Klassen-, Ordnungs- etc. -Merkmale, die eine Beurteilung nach Nützlichkeitsrücksichten, wie dies die Darwinsche Theorie tut, überhaupt nicht zulassen. Nach der hier vorgetragenen Theorie entwickeln sich diese Merkmale ohne

Rücksicht auf ihre Nützlichkeit, d. h. eine etwa zunehmende Nützlichkeit. Aus Selachiern werden Teleostier, aus Halbaffen Affen (vergl. S. 9), nicht weil die einen „zweckmäßiger" sind als die anderen, sondern weil dies auf Grund der inneren und äußeren, die Entwicklung bestimmenden, Faktoren so geschehen mußte, genau so, wie es auch für die Aufeinanderfolge verschiedener Entwicklungsstadien unbelebter Systeme gilt. Voraussetzung für eine solche Entwicklung ist natürlich, daß die später entstehenden Formen überhaupt noch erhaltungsfähig sind, besonders gegenüber den kontinuierlich wirksamen äußeren Faktoren, da sie andernfalls ja keine dauernde Existenz zu gewinnen vermöchten. Sehr wohl aber können spätere Organismenformen einmal „unzweckmäßiger" sein als ihre Vorfahren, was wir für die „natürlich" erloschenen Arten anzunehmen haben. Freilich wird dies aus dem S. 214 dargelegten Grunde im allgemeinen nur selten der Fall sein.

Auch die Entstehung der erst später nützlichen Einrichtungen, ferner aller jener indifferenten Gebilde nach Art der bizarren Schnabelbildungen, der wunderbar bunten und mannigfaltigen Schmetterlingsflügel und Vogelgefieder etc. paßt aus den dargelegten Gründen ohne weiteres in den Rahmen unserer Theorie. Daß hier vielfach auch die Selektion III mitgewirkt hat, da ja das „Zweckmäßige" so innig mit dem „Nichtzweckmäßigen" vermischt ist, soll, wie schon aus den obigen Darlegungen (S. 231 ff.) hervorgeht, selbstverständlich nicht in Abrede gestellt werden.

Nicht minder wird nach unserer Theorie die Entstehung und Entwicklung der schädlichen Eigenschaften lebender Wesen dem Verständnis näher gebracht. Die Theorie läßt sogar von vornherein erwarten, daß sich auch solche schädlichen Eigenschaften entwickeln werden, selbst bis zu beträchtlicher Komplikation; aber doch einerseits nur in spärlicher Menge (vergl. S. 214) und andererseits meistens nur in einem derartigen Maße und Umfang, daß die Erhaltungsfähigkeit der betreffenden Organismenart dadurch nicht in Frage gestellt wird. Als erläuterndes Beispiel hierfür sei besonders an die nicht geringe Zahl schädlicher psychischer Eigenschaften des Menschen erinnert; auf Grund derselben Überlegung wird auch die Entstehung

unbeschalter Schnecken aus schalentragenden Formen (vergl. S. 167), das Zustandekommen schädlicher rudimentärer Organe und dergl. verständlich. Es handelt sich auch hier um bestimmt gerichtete Entwicklungen, denen erst durch das Aufhören der Erhaltungsfähigkeit ein Ziel gesetzt würde.

Von dem geschilderten Standpunkte aus kann uns also im Prinzip die Entstehung aller der genannten komplizierten, „zweckmäßigen" und „nicht-zweckmäßigen" Eigenschaften des Organismus erklärbar erscheinen. Dieses Urteil wird uns noch besonders erleichtert durch die Wahrnehmung, daß die Fälle von höchster Kompliziertheit nur einzelne, relativ wenige Glieder einer Gesamtheit darstellen, die zum weitaus größten Teil minder Kompliziertes enthält. Und mit dieser prinzipiellen Erkenntnis müssen wir uns vorläufig begnügen; denn für speziellere Erklärungen fehlt noch viel zu sehr das tatsächliche Detail, und dieses könnte selbstverständlich auch durch das beste Erklärungsprinzip nicht ersetzt werden. Daher waren auch alle bisherigen Erklärungsversuche auf diesem Gebiete nur prinzipielle.

Nebenbei möge an die Zweckmäßigkeitsfanatiker, die Vitalisten und Neo-Vitalisten, im besonderen die „Entelechie"-Verehrer, die auch schon von anderer Seite aufgeworfene Frage gerichtet werden, warum denn diese „Entelechie" und ähnliche bewußt oder unbewußt „zweckmäßig wirkenden Kräfte" zugleich mit der Erzeugung von so vielem Zweckmäßigen auch die Entstehung von so manchem Schädlichen ermöglicht haben? Dementsprechend sei z. B. den angeblich nur durch die Annahme einer Entelechie etc. erklärbaren äußerst zweckmäßigen Regulationen die Tatsache gegenüber gestellt, daß in so zahlreichen anderen Fällen diese wunderbare Regulationsfähigkeit fehlt. Nach der Entelechielehre ist das unverständlich. Meine Theorie läßt es erwarten.

Wenn wir für die kompliziertesten zweckmäßigen und nicht-zweckmäßigen Eigenschaften der Organismen zugeben, auf Grund der entworfenen Theorie ein prinzipielles Verständnis gewinnen zu können, so werden wir dies ohne Zweifel auch für alle übrigen Charaktere der Organismen einräumen müssen. Für einige derselben

sind aber mittels der Theorie vielleicht noch etliche nähere Aufklärungen möglich.

Einige weitere Erklärungen zur Phylogenie und Ontogenie.

Im Zusammenhang mit der phylogenetischen Vererbungstatsache der Trennung der höheren Organismen in sterbliches Soma und „unsterbliche" Keimsubstanz (vergl. oben S. 178 f.) wollen wir zunächst auf die Erscheinungen der Fortpflanzung und Amphimixis noch einen Blick werfen. Durch unsere Theorie wird über alle diese Tatsachen vielleicht einiges Licht verbreitet, indem wir uns Folgendes vorstellen: Von den komplizierteren, labilen (organismenartigen) Systemen konnten nur diejenigen auf die Dauer ihre Substanz erhalten, also stationär bleiben, welche die Fähigkeit der Vermehrung durch Selbstteilung besaßen, d. h. also die lebendigen Systeme. Ferner blieben von den zu immer wachsender Komplikation fortschreitenden lebendigen Organismen nur diejenigen erhalten, bei denen sich gewisse, für die betreffenden Organismen gerade besonders geeignete („zweckmäßige"), Fortpflanzungsweisen herausbildeten, welche in der Soma-Keimsubstanz-Differenzierung, verbunden mit der Amphigonie, zur höchsten Entfaltung gelangten. Und endlich vermochte die zum Komplizierteren fortschreitende phylogenetische Entwicklung nur da zu dauernd stationären Gebilden zu führen, wo gleichzeitig die „verjüngende" Amphimixis auftreten konnte; hierbei kam es darauf an, daß sich bei jedem lebendigen System immer gerade diejenige Form der Amphimixis entwickelte, welche seiner jeweiligen gesamten Organisation entsprach, nämlich entweder die Konjugation oder die Befruchtung mit ihren Voraussetzungen der Befruchtungsbedürftigkeit, sexuellen Affinität etc.

Aus dem eben Ausgeführten ergibt sich auch eine Beurteilung der Frage nach dem „Interesse", das die Natur etwa an der „Erhaltung der Art" habe (vergl. oben S. 159 f.). Von einer „Pflicht" des Soma, für die Erhaltung seiner Keimsubstanz zu sorgen, nach deren Versorgung das Soma nichts weiter nütze und füglich sterben könne und dergl., wird man von dem dargelegten Standpunkte aus nicht reden dürfen. Vielmehr werden wir einfach nur konstatieren,

daß in der ganzen Entwicklung unseres Planeten die Möglichkeit fehlte für die Ausbildung solcher lebendigen Systeme, die zwar aus Soma und Keimsubstanz beständen, bei denen aber diese beiden zugleich einer für relativ unbegrenzte Zeit andauernden Stationarität hätten teilhaftig werden können. Das ist ja auch in gewisser Hinsicht verständlich; die Ontogenie ist ein relativ schnell verlaufender Entwicklungsprozeß, von dem man nicht erwarten wird, daß er auf seiner Höhe oder an seinem Ende plötzlich einen viel bedeutenderen Grad von Stationarität erlange als bisher, indem die Entwicklung in irgend einem Punkte ein sehr viel langsameres Tempo einschlage oder nahezu stehen bleibe; während umgekehrt für den ganz allmählich vor sich gehenden phylogenetischen Entwicklungsprozeß der Keimsubstanz im allgemeinen kein so plötzlicher Abschluß nach Art des natürlichen individuellen Todes abzusehen ist. Da dies so ist, so erhält sich eben trotz der Vergänglichkeit der einzelnen Somata die Art. Zur Erläuterung sei hinzugefügt, daß wohl auch irgend welche anderen Verhältnisse denkbar wären, z. B. der Fall, daß jeder höhere Organismus nach einiger Zeit in mehrere verschiedene Teile zerfiele, die sich alle immer wieder in verschiedene ganz neuartige Organismen ausgestalteten. Unter solchen Umständen gäbe es eben keine relativ konstanten Arten, was aber der Natur wohl recht „gleichgültig" wäre.

Von ontogenetischen Problemen sei hier zunächst dasjenige der ontogenetischen oder individuellen Entwicklung noch kurz berührt. Über das Wesen der „treibenden Kraft" derselben, also der ontogenetischen Entwicklungsfähigkeit, die für die mit den Zellteilungen Hand in Hand gehenden Differenzierungen und die daraus resultierenden mannigfachen Lagebeziehungen der verschiedenen Zellen in erster Linie verantwortlich zu machen ist, kann man sich auf Grund des hier dargelegten allgemeinen Entwicklungsprinzips eine Vorstellung machen. Hinsichtlich der speziellen Wirkungsweise dieser ontogenetischen Triebkraft und der mitbeteiligten Wirkungen der äußeren Faktoren verweise ich auf die bisherigen Ermittlungen der Entwicklungsmechanik (vergl. z. B. O. Maas und G. Klebs).

Auch das Verständnis für das Zustandekommen des natürlichen Todes wird durch die Anwendung unserer allgemeinen

Entwicklungstheorie gefördert. Wir haben nur daran zu denken, daß die ontogenetische Entwicklung zu denjenigen relativ stationären Prozessen gehört, die schließlich in einen stabilen Zustand ausmünden.

Endlich sei noch einiger ontogenetischer Vererbungstatsachen gedacht:

Daß das Zustandekommen der Ähnlichkeit zwischen den Kindern und ihren Eltern und Vorfahren vom Standpunkte der Kontinuitätshypothese nicht sehr überraschend sei, wurde schon oben angeführt (S. 98). Zwar ist es ja erstaunlich, daß so vollkommene partielle Ähnlichkeiten neben zum Teil erheblichen Verschiedenheiten vorkommen, da man sich vorstellen möchte, daß schon die geringsten der ausdenkbaren individuellen Keimvariationen, deren Annahme nach den obigen Ausführungen nichts im Wege steht, sich beim fertigentwickelten Individuum zu viel größeren Differenzen auswachsen würden, als die Wirklichkeit gewöhnlich zeigt. Erheblich kompliziert werden diese Fragen dann noch durch das Hinzukommen der Amphigonie. Aber es ist nicht daran zu zweifeln, daß die physikalisch-chemische Auffassung im Verein mit unserer Theorie auch hier in befriedigender Weise zur Anwendung kommen wird, wenn wir erst einen tieferen Einblick in die chemische Beschaffenheit der lebendigen Substanz gewonnen haben. Vorläufig freilich fehlt uns noch völlig die Kenntnis dieser chemischen Grundlage, nicht nur für individuelle physiologische Unterschiede bei weitgehender morphologischer Übereinstimmung (vergl. Jensen, a), sondern selbst für erhebliche morphologische Differenzen verschiedener Individuen.

Aus den eben genannten Gründen entbehren wir auch jedes näheren Einblickes in das Zustandekommen der Abweichungen der Kinder von den Eltern usw. Zwar können wir diese Unterschiede im Prinzip verständlich machen durch Zurückführung auf individuelle Variationen der in den Keimsubstanzen gegebenen inneren Faktoren und eventueller Verschiedenheiten der äußeren Faktoren, nämlich derjenigen des Soma und der exosomatischen Umgebung; viel mehr aber läßt sich vorläufig nicht tun.

Mit ein paar Worten sei noch auf die Erscheinung des Atavismus oder „Rückschlages“ eingegangen. Dieser gehört meines

Erachtens in die Kategorie der die gewöhnlichen Grenzen überschreitenden individuellen Variationen. Man darf nämlich nicht etwa den Rückschritt zu phylogenetisch früheren Stadien für sich allein beurteilen, sondern muß auch die größeren Abweichungen in der Richtung nach noch nicht dagewesenen Formzuständen mit berücksichtigen. So wie es z. B. „Haarmenschen" gibt, was als „Atavismus" bezeichnet wird, so gibt es auch fast völlig haarlose Menschen, wie ja ferner alle Übergänge zwischen beiden. Zum Teil kann man diese Erscheinungen wohl zu den Mutationen rechnen. Ihr Zustandekommen bietet, ebenso wie das der Unterschiede zwischen Eltern und Nachkommen im allgemeinen, der Erklärung keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Für manche speziellere Erklärung käme vielleicht die von E. Tschermack gefundene Tatsache der Kryptomerie in Betracht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Eigenschaften einer Organismenform, die Generationen hindurch „latent" gewesen waren, durch eine bestimmte Art der Kreuzung (Fremdkreuzung) wieder sichtbar gemacht werden können. Hier werden also die inneren Entwicklungsbedingungen durch die Kreuzung in der Richtung des Rückschlages modifiziert.

Auf weiteres sei nicht eingegangen. Zwar haben sich manche Regeln und Gesetzmäßigkeiten im Bereich der Vererbung gefunden, aber man ist doch noch weit entfernt von der Möglichkeit, ein zusammenhängendes Bild dieser Vorgänge zu entwerfen. Ein solches läßt sich beim Fehlen speziellerer tatsächlicher Anhaltspunkte auch aus der besten allgemeinen Theorie nicht deduzieren; das gilt z. B. für Probleme wie das der Geschlechtsbestimmung, wo man an tiefer gehende Erklärungen nicht denken kann, ehe die Frage nach dem Anteil der inneren und äußeren Faktoren entschieden ist.

Im Gegensatz zu der Menge von Scheinerklärungen, mit denen die Idioblasten- und Chromosomenhypothese dieses Gebiet überschüttet hat (vergl. z. B. H. E. Ziegler, S. 39 ff.), wollen wir uns daher mit dem Bewußtsein begnügen, daß unserer Entwicklungstheorie und den auf sie gegründeten Erklärungsversuchen hier keine prinzipiellen Schwierigkeiten erwachsen.

Literaturverzeichnis.

Albrecht, E.: Vorfragen der Biologie. Wiesbaden 1899.

Altmann, R.: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig 1890.

Baer, K. E. von: Reden, gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen etc., Teil I. St. Petersburg 1864.

Berthold, G.: Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.

Boveri, Th.: Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena 1904.

Bütschli, O.: a) Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.

b) Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1901.

Claus, C.: Lehrbuch der Zoologie, 4. Aufl. Marburg und Leipzig 1887.

Cossmann, P. N.: Elemente der empirischen Teleologie. Stuttgart 1899.

Darwin, Ch.: Die Entstehung der Arten. (On the Origin of Species. London 1859.) Deutsch von Haek. Leipzig, Reclam.

Detto, C.: Die Theorie der direkten Anpassung und ihre Bedeutung für das Anpassungs- und Deszendenzproblem. Jena 1904.

Driesch, H.: a) Die organischen Regulationen. Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Leipzig 1901.

b) Zwei Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge. Verhandl. d. V. internat. Zoologen-Kongresses zu Berlin. Jena 1902.

c) Naturbegriffe und Natururteile. Leipzig 1904.

Ebbinghaus, H.: Grundzüge der Psychologie, Bd. I. Leipzig 1902.

Eimer, Th.: Die Entstehung der Arten. Teil I, Jena 1888, und Teil II, Leipzig 1897.

Engelmann, Th. W.: Über die Vererbung künstlich erzeugter Farbenänderungen der Oscillarien. Nach Versuchen von N. Gaidukov. Archiv für Anat. u. Physiol., Physiolog. Abtlg. 1903, S. 214.

Fechner, G. Th.: Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen. Leipzig 1873.

Fick, R.: Betrachtungen über die Chromosomen, ihre Individualität, Reduktion und Vererbung. Archiv f. Anat. u. Physiol., Anatom. Abtlg., Suppl.-Bd. 1905, S. 179.

Gibbs, J. W.: Thermodynamische Studien. Aus dem Englischen übersetzt von W. Ostwald. Leipzig 1892.

Goebel, K.: Über Studium und Auffassung der Anpassungserscheinungen bei Pflanzen. München 1898.

Goette, A.: Über Vererbung und Anpassung. Rektoratsrede. Straßburg 1898.

Guenther, K.: Der Darwinismus und die Probleme des Lebens. Zugleich eine Einführung in das einheimische Tierleben. Freiburg i. B. 1904.

Gurwitsch, A.: Morphologie und Biologie der Zelle. Jena 1904.

Haeckel, E.: a) Generelle Morphologie. Berlin 1866.

b) Natürliche Schöpfungsgeschichte, 8. Aufl. Berlin 1889.

Hartmann, E. von: Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie. Archiv f. system. Philos. 1903, Bd. IX.

Hatschek, B.: Hypothese der organischen Vererbung. Vortrag. Leipzig 1905.

Hering, E.: Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie. Almanach d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1870, Bd. XX, S. 253.

Hermann, L.: a) Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln, ausgehend vom Gaswechsel derselben. Berlin 1867.

b) Der Einfluß der Deszendenzlehre auf die Physiologie. Rektoratsrede. Leipzig 1879.

Hertwig, O.: a) Ergebnisse und Probleme der Zeugungs- und Vererbungslehre. Vortrag, gehalten in St. Louis (U. St. A.). Jena 1905.

b) Allgemeine Biologie. Zweite Aufl. des Lehrbuchs: Die Zelle und die Gewebe. Jena 1906.

Hertwig, R.: Über Korrelation von Zell- und Kerngröße und ihre Bedeutung für die geschlechtliche Differenzierung und die Teilung der Zelle. Biolog. Zentralblatt 1903, Bd. XXIII, S. 49 und 108.

Hertz, H.: Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig 1894.

Hoff, J. H. van't: a) Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. Braunschweig 1898.

b) Acht Vorträge über physikalische Chemie. Gehalten in Chicago. Braunschweig 1902.

James, W.: Principles of Psychology 1890, Vol. II.

Jensen, P.: a) Über individuelle physiologische Unterschiede zwischen Zellen der gleichen Art. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 1896, Bd. LXII, S. 172.

b) Die physiologische Notwendigkeit des Todes. „Umschau", Jahrg. I, S. 435. Frankfurt a. M. 1897.

c) Über den Aggregatzustand des Muskels und der lebendigen Substanz überhaupt. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 1900, Bd. LXXX, S. 176.

d) In Sachen des Aggregatzustandes der lebendigen Substanz. Ebendaselbst 1900, Bd. LXXXIII, S. 1.

e) Zur Analyse der Muskelkontraktion. Ebendaselbst 1901, Bd. LXXXVI, S. 47.

f) Untersuchungen über Protoplasmamechanik. Ebendaselbst 1901, Bd. LXXXVII, S. 361.

g) Einige allgemein-physiologische Begriffe. Verworns Zeitschrift f. allg. Physiol. 1902. Bd. I.

h) Die Protoplasmabewegung. Ergebnisse der Physiologie, herausgeg. von Asher und Spiro, Jahrg. 1902.

i) Zur Theorie der Protoplasmabewegung und über die Auffassung des Protoplasmas als chemisches System. Anatom. Hefte, herausgeg. von Merkel und Bonnet, 1905, Bd. XXVII.

Kassowitz, M.: a) Allgemeine Biologie, Bd. V. Wien 1899.

b) Vitalismus und Teleologie. Biolog. Zentralbl. 1905, Bd. XXV, S. 753.

Kienitz-Gerloff, F.: Anti-Reinke. Biolog. Zentralbl. 1905, Bd. XXV, S. 33.

Klebs, G.: Über Probleme der Entwicklung. Biolog. Zentralbl. 1905, Bd. XXV, S. 257.

Lamarck, J. B.: Philosophie zoologique. Paris 1890 (Neue Auflage 1873). Deutsch von A. Lang. Jena 1879.

Lotsy, J. P.: Vorlesungen über Deszendenztheorieen, mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage, Teil I. Jena 1906.

Maas, O.: Einführung in die experimentelle Entwickelungsgeschichte (Entwicklungsmechanik). Wiesbaden 1903.

Mach, E.: a) Die Mechanik in ihrer Entwicklung, IV. Aufl. Leipzig 1901.

b) Die Prinzipien der Wärmelehre. Leipzig 1896.

c) Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen, III. Aufl. Jena 1902.

Maupas: Recherches expérimentales sur la multiplication des Infusoires ciliées. Arch. de Zoolog. expérim. 1888, Tome VI.

Miehe, H.: Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der pflanzlichen Deszendenz- und Vererbungslehre. Sammelreferat. Verworns Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1904, Bd. IV, S. 25.

Minot, Ch. S.: Über Vererbung und Verjüngung. Biolog. Zentralbl. 1895, Bd. XV, S. 571.

Moll, J. W.: Die Mutationstheorie. Biolog. Zentralbl. 1904, Bd. XXIV.

Münsterberg, H.: Die Willenshandlung. Freiburg i. B. 1888.

Nägeli, C.: Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München und Leipzig 1884.

Nernst, W.: Theoretische Chemie, II. Aufl. Stuttgart 1898. (Auch in neuerer Auflage erschienen.)

Neumeister, R.: Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen. Jena 1903.

Ostwald, W.: a) Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig 1885—87.

b) Kritik der Lehren von H. Driesch. Annalen der Naturphilosophie, Bd. I, S. 96.

c) Biologie und Chemie. In: Abhandlungen und Vorträge. Leipzig 1904.

Pauly, A.: Wahres und Falsches in Darwins Lehre. München 1902.

Petzoldt, J.: a) Über den Begriff der Entwicklung. Naturwiss. Wochenschr. 1894, Bd. IX.

b) Einführung in die Philosophie der reinen Erfahrung. Leipzig 1900 und 1904.

Pfeffer, G.: Die Umwandlung der Arten, ein Vorgang funktioneller Selbstgestaltung. Verhandl. d. naturw. Ver. zu Hamburg 1894.

Pfeffer, W.: Pflanzenphysiologie, II. Aufl. Leipzig 1897 und 1904.

Pflüger, E.: a) Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 1875, Bd. X, S. 342.

b) Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur. Ebendaselbst 1877, Bd. XV, S. 57.

Plate, L.: Über die Bedeutung und Tragweite des Darwinschen Selektionsprinzips. Leipzig 1900. Auch in neuer Auflage erschienen.

Rabl, G.: Über die züchtende Wirkung funktioneller Reize. Rektoratsrede. Leipzig 1904.

Reinke, J.: Philosophie der Botanik. Natur- und kulturphilosophische Bibliothek, Bd. I. Leipzig 1905.

Rhumbler, L.: Allgemeine Zellmechanik. Ergebnisse der Anatomie u. Entwicklungsgesch. 1899, Bd. VIII, S. 543.

Ribbert, H.: „Zweckmäßigkeit" in der Pathologie. Bonn 1906.

Rindfleisch, G. E.: Neo-Vitalismus. Verhandl. d. 67. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte zu Lübeck, 1895.

Roozeboom, Bakhuis, R. W.: Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre. Braunschweig 1901.

Roux, W.: a) Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen. Leipzig 1895.

b) Über die Selbstregulation der Lebewesen. Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen 1902, Bd. XIII, S. 610.

Schneider, K. C.: Vitalismus. Elementare Lebensfunktionen. Wien und Leipzig 1903.
Schultz, E.: Über Verjüngung. Biolog. Zentralbl. 1905, Bd. XXV, S. 465.
Spencer, H.: a) Prinzipien der Biologie. Deutsch von B. Vetter. Stuttgart 1876.
b) Die Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl. Biolog. Zentralbl. 1893, Bd. XIII, und 1894, Bd. XIV.
Spengel, J. W.: Zweckmäßigkeit und Anpassung. Festrede. Gießen 1898.
Stern, L. W.: Der zweite Hauptsatz der Energetik und das Lebensproblem. Zeitschr. f. Philosophie u. philosoph. Kritik, Bd. CXXI/CXXII. Leipzig 1903.
Sterne, Carus: Werden und Vergehen, III. Aufl. Berlin 1886.
Tschermak, E.: Die Theorie der Kryptomerie und des Kryptohybridismus, I. Beih. z. Botan. Zentralbl. 1904, Bd. XVI.
Verworn, M.: Allgemeine Physiologie. Ein Grundriß der Lehre vom Leben, II. Aufl. Jena 1897. Auch in neueren Auflagen erschienen.
Vries, H. de: a) Intrazellulare Pangenesis. Jena 1889.
b) Die Mutationstheorie. Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich. Leipzig 1901—03.
Wagner, M.: Die Darwinsche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen. Leipzig 1868.
Weismann, A.: a) Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung. Jena 1885.
b) Vorträge über Deszendenztheorie. Gehalten an der Universität Freiburg i. B. Jena 1902.
Wettstein, R. von: Der Neo-Lamarckismus. Verhandl. d. Ges. Deutscher Naturforscher u. Ärzte. 74. Versammlung zu Karlsbad. Leipzig 1903, S. 77.
Wiesner, J.: Elementarstruktur und Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892.
Wolff, G.: Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre. Leipzig 1898.
Wundt, W.: Grundzüge der physiologischen Psychologie, Bd. III. Leipzig 1903.
Ziegler, H. E.: Die Vererbungslehre in der Biologie. Jena 1905.

Druck von Ant. Kämpfe, Jena.

G.E.STECHERT